ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 DÉCEMBRE 1906,

PRÉSIDENCE DE M. H. POINCARÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des intégrales des équations du type elliptique par certaines conditions aux limites.* Note de M. **Émile Picard.**

1. Dans une Note récente (*Comptes rendus,* 26 novembre 1906), j'ai traité de la détermination de l'intégrale de l'équation

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = f(x, y) V,$$

continue dans un contour et pour laquelle $\frac{dV}{dn}$ prend des valeurs données sur un contour C. J'ai ajouté que la même méthode pouvait s'appliquer à l'équation générale

(1) $$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + a \frac{\partial V}{\partial x} + b \frac{\partial V}{\partial y} + c V = 0,$$

où a, b, c sont des fonctions de x et y, la dérivée normale (intérieure) $\frac{dV}{dn}$ sur le bord étant toujours la donnée de la question.

Cette extension présentant quelques points délicats, je les indiquerai ici très succinctement.

2. En désignant par $G(\xi, \eta; x, y)$ la fonction classique de Green relative au contour C, dont le point singulier est (x, y), j'envisage la fonction de x et y

$$V(x, y) - \frac{1}{2\pi} \iint \left[a(\xi, \eta) \frac{\partial V}{\partial \xi} + b(\xi, \eta) \frac{\partial V}{\partial \eta} + c(\xi, \eta) V \right] G(\xi, \eta; x, y)\, d\xi\, d\eta,$$

que je désignerai par $U(x, y)$; cette fonction U est évidemment harmonique si V satisfait à l'équation (1). On peut encore écrire, après une intégration par parties,

$$(2)\quad U(x, y) = V + \frac{1}{2\pi}\int\int\left[\frac{\partial(aG)}{\partial\xi} + \frac{\partial(bG)}{\partial\eta} - cG\right] V(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta.$$

Il faut déterminer la fonction harmonique U par la condition que $\frac{dV}{dn}$ ait une valeur donnée (intérieure) sur le bord.

3. Il n'est pas possible de tirer ici immédiatement (a et b n'étant pas nuls) de l'équation (2) la valeur de V en fonction de U au moyen des formules usuelles, car la quantité entre crochets devient infinie comme $\frac{1}{r}$ pour $x = \xi$, $y = \eta$, en désignant par r la distance de (x, y) à (ξ, η). Mais cette difficulté peut être surmontée, en faisant une sorte d'itération, comme on le fait précisément dans des cas analogues relatifs à l'équation fonctionnelle de Fredholm. On remplacera donc dans (2), sous le signe d'intégration, $V(\xi, \eta)$ par

$$U(\xi, \eta) - \frac{1}{2\pi}\int\int\left[\frac{\partial(aG)}{\partial\xi'} + \frac{\partial(bG)}{\partial\eta'} - c(\xi', \eta')G(\xi', \eta'; \xi, \eta)\right] V(\xi', \eta')\, d\xi'\, d\eta'.$$

On obtient alors une équation

$$(3)\quad \begin{cases} V(x, y) + \int\int f(\xi, \eta; x, y)\, V(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta \\ \quad = U(x, y) - \frac{1}{2\pi}\int\int\left[\frac{\partial(aG)}{\partial\xi} + \frac{\partial(bG)}{\partial\eta} - cG\right] U(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta, \end{cases}$$

où la fonction $f(\xi, \eta; x, y)$, facile à former, devient seulement infinie en (x, y) comme $\log[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2]$.

On peut alors se servir de l'équation (3) pour avoir explicitement V en fonction de U.

4. Il faut voir maintenant si l'on pourra prendre facilement sur le bord la dérivée normale (intérieure) de la fonction qui est dans le second membre, en supposant que $U(x, y)$ soit une fonction harmonique que l'on mettra sous la forme d'un potentiel de simple couche,

$$(4)\quad U(\xi, \eta) = \int \rho(\sigma) \log\frac{1}{r'}\, d\sigma,$$

où $r'^2 = (\xi - x')^2 + (\eta - y')^2$, en désignant par (x', y') le point du contour correspondant à l'arc σ.

C'est une question qui demande quelque attention, mais qui ne présente pas de sérieuses difficultés. On arrive ainsi à établir que, en un point du contour, la dérivée normale (intérieure) $\frac{dV}{dn}$ de la fonction V tirée de l'équation (2), où U a la valeur (4), est susceptible de se mettre, à un facteur près, sous la forme

$$\rho(s) + \int F(s, \sigma)\rho(\sigma)\,d\sigma,$$

$F(s, \sigma)$ étant une fonction connue devenant infiniment grande seulement comme $\log|s - \sigma|$; on désigne ici par s l'arc de C fixant la position du point. On est donc ramené à une équation de Fredholm.

Il est évident que la même méthode est applicable si, au lieu de $\frac{dV}{dn}$, on se donne sur le bord la valeur de la somme

$$\frac{dV}{dn} + kV.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du second ordre à points critiques fixes.* Note de M. **Paul Painlevé.**

1. J'ai indiqué une méthode pour former toutes les équations différentielles (algébriques) du second ordre à points critiques fixes. Cette méthode se décompose, en réalité, en deux méthodes distinctes : la première, qui s'étend aux équations d'ordre quelconque, met en évidence un certain ensemble de conditions *nécessaires* pour que les points critiques soient fixes; la seconde, toute différente, a pour objet de démontrer que, dans le cas du *second* ordre, ces conditions sont *suffisantes*. J'ai appliqué explicitement cette méthode aux équations de second ordre résolues par rapport à y'', et même aux équations plus générales de la forme

$$y'' = R(y'\, y, x) \tag{1}$$

où R est *rationnel* en y', *algébrique* en y, *analytique* en x.

Quand une équation (1) a ses points critiques fixes, elle est nécessairement de la forme

$$y'' = A(y, x)y'^2 + B(y, x)y'^2 + C(y, x)$$

et, moyennant une transformation $y = \frac{a(x)Y + b(x)}{c(x)Y + d(x)}$ déterminable algébri-

quement, A peut recevoir une des huit formes suivantes

$$A = 0, \quad A = \frac{1}{y}, \quad A = \frac{1-\frac{1}{n}}{y} \quad (n \text{ entier} > 1), \quad A = \frac{1}{2y} + \frac{1}{y-1},$$

$$A = \frac{2}{3}\left(\frac{1}{y} + \frac{1}{y-1}\right), \quad A = \frac{3}{4}\left(\frac{1}{y} + \frac{1}{y-1}\right),$$

$$A = \frac{2}{3y} + \frac{1}{2(y-1)}, \quad A = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{y} + \frac{1}{y-1} + \frac{1}{y-h(x)}\right).$$

D'où huit cas à distinguer, qui se décomposent eux-mêmes en nombreux sous-cas, etc. La discussion est à la fois très délicate et très minutieuse.

M. Gambier, qui poursuit avec beaucoup de pénétration et de persévérance la revision des Tableaux que j'ai publiés dans les *Acta,* a vérifié que ces Tableaux sont complets dans les deux premiers cas $\left(A = 0, A = \frac{1}{y}\right)$; mais, dans le troisième cas $\left[A = \left(1 - \frac{1}{n}\right)y\right]$, j'ai laissé échapper un des sous-cas les plus importants, et, comme la discussion de ce troisième cas sert de point de départ à la discussion des cas suivants, cette lacune entraîne dans ceux-ci des lacunes correspondantes, en sorte que tous les Tableaux, à partir du troisième cas, sont à compléter.

M. Gambier a terminé la revision des quatre premiers cas et du huitième ([1]). Ses conclusions se résument ainsi :

Toutes les équations (1) *à points critiques fixes qui ne sont pas intégrables ou réductibles aux équations linéaires se ramènent algébriquement à un des six types* (où α, β, γ, δ désignent des constantes quelconques) :

$$\text{(I)} \qquad y'' = 6y^2 + x,$$

$$\text{(II)} \qquad y'' = 2y^3 + xy + \alpha,$$

$$\text{(III)} \qquad y'' = \frac{y'^2}{y} - \frac{y'}{x} + \frac{1}{x}(\alpha y^2 + \beta) + \gamma y^3 + \frac{\delta}{y},$$

$$\text{(IV)} \qquad y'' = \frac{y'^2}{2y} + \frac{3}{2}y^3 + 4xy^2 + 2(x^2 - \alpha)y + \frac{\beta}{y},$$

([1]) Voir les *Comptes rendus* (avril et novembre 1906). Selon toutes vraisemblances, la revision des cinquième, sixième et septième cas, que M. Gambier achève en ce moment, n'introduira pas d'équations (irréductibles) distinctes des six types d'équations qui suivent.

$$\text{(V)}\quad \begin{cases} y'' = y'^2\left(\dfrac{1}{2y} + \dfrac{1}{y-1}\right) - \dfrac{y'}{x} + \dfrac{\alpha}{x^2}y(y-1)^2 \\ \qquad + \dfrac{\beta}{x^2}\dfrac{(y-1)^2}{y} + \dfrac{\gamma y}{x} + \dfrac{\delta y(y+1)}{y-1}, \end{cases}$$

$$\text{(VI)}\quad \begin{cases} y'' = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{1}{y} + \dfrac{1}{y-1} + \dfrac{1}{y-x}\right)y'^2 - \left(\dfrac{1}{x} + \dfrac{1}{x-1}\ \dfrac{1}{y-x}\right)y' \\ \qquad + \dfrac{y(y-1)(y-x)}{x^2(x-1)^2}\left[\alpha + \dfrac{\beta x}{y^2} + \dfrac{\gamma(x-1)}{(y-1)^2} + \dfrac{\delta x(x-1)}{(y-x)^2}\right]. \end{cases}$$

Par suite de l'omission signalée, mes Tableaux ne renfermaient pas l'équation (IV); ils ne renfermaient l'équation (V) que dans le cas où $\alpha = \beta = 0$, et l'équation (VI) que dans le cas où $\alpha = \beta = \gamma = 0$, $\delta = \frac{1}{2}$.

Dans l'équation (III), il est loisible de supposer $\delta = 0$ ou 1, $\gamma = 0$ ou 1; dans l'équation (V), $\delta = 0$ ou 1. Les équations (III) et (IV) dépendent donc de deux *modules* irréductibles α, β; l'équation (V) de trois; l'équation (VI) de quatre. Cette dernière équation a été déjà rencontrée par M. R. Fuchs (¹) dans des recherches sur lesquelles je reviendrai dans une prochaine Communication.

2. *Les six équations précédentes ont-elles effectivement leurs points critiques fixes?* C'est ce que j'ai démontré pour les équations (I), (II) et (III). Quant aux équations (IV), (V) et (VI), il suffit de leur appliquer la même méthode de démonstration.

Considérons, par exemple, l'équation (VI). Elle admet deux familles d'intégrales (dépendant d'une constante arbitraire) qui, pour $x = a$, prennent la valeur singulière $y = 0$. Une remarque analogue s'applique aux autres valeurs singulières $y = 1$, $y = x$, $y = \infty$. La méthode consiste alors à former un polygone *du second degré* en $\dfrac{dy}{dx}$, rationnel en y et x, et qui prenne une valeur *arbitraire* pour $x = a$ quand on y remplace y par une intégrale quelconque de (VI) prenant pour $x = a$ une des valeurs 0, 1, x ou ∞. Les procédés que j'ai indiqués fournissent aussitôt une telle expression (²), à savoir

$$(2)\qquad v = u + \frac{y'}{y+g},$$

avec

$$(3)\quad u = \frac{x(x-1)y'^2}{2y(y-1)(y-x)} - \frac{\alpha y}{x(x-1)} + \frac{\beta}{(x-1)y} + \frac{\gamma}{x(y-1)} - \frac{y'-\delta}{y-x},$$

(¹) *Comptes rendus*, 2 octobre 1905.

(²) Cette expression n'est pas unique.

g désignant une constante choisie arbitrairement. Si l'on calcule u' on trouve

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} u' = \frac{y'^2}{2}&\left[\frac{1-x}{xy} + \frac{x}{(x-1)y} - \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x-1}\right)\frac{1}{y-x}\right] \\ &+ \frac{y'}{y-x}\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x-1}\right) + \frac{\alpha y}{x^2(x-1)^2}(2x-y) \\ &- \frac{(x-1+y)}{x(x-1)}\left[\frac{\beta}{(x-1)y} + \frac{\gamma}{x(y-1)} + \frac{\delta}{y-x}\right], \end{aligned}\right.$$

d'où

$$(5)\quad v' = u' + \frac{y''}{y+g} - \frac{y'^2}{(y+g)^2},$$

y'' devant être remplacé ici par le second membre de (VI).

Ces égalités montrent que, pour $y' = \infty$ et y arbitraire, l'expression $w = \frac{v'}{v}$ reste finie. D'autre part, remplaçons y' en fonction de v, y, x dans (4) et (5); v' devient une fonction à deux branches de v, y, x, et un calcul tout élémentaire montre que, pour y voisin de zéro, ces deux branches sont de la forme $\frac{A(x)}{v} + y(\ldots)$; une remarque analogue s'applique aux valeurs $y = 1$, $y = x$, $y = \infty$.

Pour démontrer que l'équation (VI) n'a d'autres singularités mobiles que des *pôles,* il suffit dès lors de répéter, sans en changer un mot, le raisonnement que j'ai développé à propos de l'équation (I) (*Bulletin des Sciences mathématiques,* t. XXVIII, 1900, p. 34-38).

De plus, l'expression u n'a que des pôles simples et de résidu égal à $+1$. Si donc l'on pose $U = e^{\int u\,dx}$, $U(x)$ n'a aucune singularité en dehors des points fixes $x = 0$, $x = 1$, $x = \infty$ (1). Cette fonction vérifie une équation différentielle algébrique du troisième ordre facile à former, et l'intégrale générale y de (VI) se laisse ainsi définir par le quotient de deux fonctions n'ayant que les trois points singuliers 0, 1, ∞, et définies à l'aide d'une équation différentielle algébrique du troisième ordre.

3. On construit sans peine, pour les équations (V) et (IV), des expressions analogues à u et à v. Mais la chose est inutile, car nous allons montrer que *les équations* (I), (II), (III), (IV) *et* (V) *sont des dégénérescences de* (VI).

Montrons d'abord que l'*équation* (V) *est une dégénérescence de* (VI).

---

(1) On peut obtenir trois autres expressions analogues à u, en faisant jouer à $y = 0$, ou à $y = 1$ ou à $y = x$ le rôle que joue $y = \infty$ dans u.

Posons, dans (VI),

$$\delta = \frac{\delta_1}{\varepsilon^2}, \qquad \gamma = -\frac{\delta_1}{\varepsilon^2} + \frac{\gamma_1}{\varepsilon}, \qquad x = 1 + \varepsilon X;$$

la nouvelle équation a ses points critiques fixes pour toute valeur numérique non nulle donnée à ε, donc pour $\varepsilon = 0$; or elle peut s'écrire

$$(\text{VI } bis) \quad \left\{ \begin{aligned} y''_{X^2} = {} & y'^2_X \left(\frac{1}{y} + \frac{1}{y-1} \right) - \frac{y'_X}{X} \\ & + \frac{(y-1)^2}{X^2} \left(\alpha y + \frac{\beta}{y} \right) + \frac{\gamma y}{X} + \frac{\delta y (y+2)}{y-1} + \varepsilon(\ldots). \end{aligned} \right.$$

Pour $\varepsilon = 0$, elle coïncide avec (V).

4. Montrons maintenant que (III) *et* (IV) *sont dégénérescences de* (V). Faisons dans (V)

$$\beta = -\frac{\beta_1}{\varepsilon^2}, \qquad \alpha = \frac{\beta_1}{\varepsilon^2} + \frac{\alpha_1}{\varepsilon}, \qquad \gamma = \frac{\gamma_1}{\varepsilon}, \qquad \delta = \frac{\delta_1}{\varepsilon^2}, \qquad y = 1 + \varepsilon Y;$$

l'équation devient

$$Y'' = \frac{Y'^2}{Y} - \frac{Y'}{x} + \frac{Y^2}{x^2}(\alpha_1 + 2\beta_1 Y) + \frac{\gamma_1}{x} + \frac{\delta_1}{Y} + \varepsilon(\ldots);$$

pour $\varepsilon = 0$, elle a ses points critiques fixes et se ramène à (III) par la transformation

$$x = \xi^2, \qquad Y = \eta\xi.$$

Faisons de même, dans (V),

$$\alpha = \frac{1}{2\varepsilon^4}, \qquad \gamma = -\frac{1}{\varepsilon^4}, \qquad \delta = \frac{1}{2\varepsilon^4} + \frac{\delta_1}{\varepsilon^2}, \qquad y = \varepsilon Y, \qquad x = 1 + \varepsilon X;$$

il vient

$$Y''_{X^2} = \frac{Y'^2_X}{2Y} + \frac{3}{2}Y^3 + 2XY^2 + Y\left(\frac{X^2}{2} + \delta_1\right) + \frac{\beta}{Y} + \varepsilon(\ldots);$$

pour $\varepsilon = 0$, cette équation a ses points critiques fixes et se ramène à (IV) par la transformation

$$X = \xi\sqrt{2}, \qquad Y = \frac{\eta}{\sqrt{2}}.$$

5. Montrons enfin que (II) est une dégénérescence de (III) et de (IV) Faisons, dans (III),

$$\gamma = -\delta = \frac{1}{4\varepsilon^6}, \qquad \alpha = \frac{-1}{2\varepsilon^6}, \qquad \beta = \frac{1}{2\varepsilon^6}(1 + 4\beta_1\varepsilon^3),$$

$$x = 1 + \varepsilon^2 X, \qquad y = 1 + 2\varepsilon Y;$$

il vient

$$Y''_{X^2} = 2Y^3 + YX + \beta_1 + \varepsilon\{\ldots\};$$

pour $\varepsilon = 0$, l'équation coïncide avec (II).

Faisons de même dans (IV) :

$$\beta = -\frac{1}{2\varepsilon^8}, \qquad \alpha = -\frac{1}{2\varepsilon^4} - \frac{\alpha_1}{\varepsilon}, \qquad y = \frac{1}{\varepsilon^2}(1 + 2\varepsilon Y),$$

$$x = -\frac{1}{\varepsilon^2}(1 - \varepsilon^2 X);$$

il vient

$$Y''_{X^2} = 8Y^3 + 4XY + \alpha_1 + \varepsilon\{\ldots\};$$

pour $\varepsilon = 0$, l'équation se ramène à (II) par la transformation

$$Y = \frac{\eta}{\sqrt[3]{2}}, \qquad X = \frac{\sqrt[3]{2}}{2}\xi.$$

6. En définitive, (V) est une dégénérescence de (VI) : (IV) et (III) sont dégénérescences de (V) ; (II) est dégénérescence de (III) et de (IV).

D'autre part, les équations (I) et (II) peuvent être rassemblées dans le type unique

$$y'' = \alpha y^3 + 6y^2 + \frac{\alpha}{12}xy + x;$$

autrement dit, (I) est un cas particulier de (II). Comme j'ai montré que l'équation (I) est *irréductible*, au sens le plus général du terme (sens de M. Drach), il suit de là que *les cinq équations* (II), ..., (VI) *sont absolument irréductibles*, sauf peut-être pour des valeurs exceptionnelles de α, β, γ, δ. Comme on connaît un *multiplicateur* de chacune de ces équations, le sens précis de ce théorème est le suivant : Au point de vue de l'intégration formelle, les équations (I), ..., (VI) (pour α, β, γ, δ arbitraires) appartiennent à la même classe que l'équation *la plus générale* $y'' = R(x, y)$, où R est rationnel en x, y.

De plus, les formules de dégénérescence permettent aisément de déduire des expressions u et v formées pour (VI) les expressions analogues qui correspondent aux cinq autres équations. En particulier, $y(x)$ se laisse représenter par le quotient de deux fonctions qui sont entières pour (I), (II) et (IV) et qui n'ont d'autres singularités que $x = 0$ et $x = \infty$ pour (III) et (V). Ces fonctions dépendent d'une équation différentielle algébrique du troisième ordre. Si, dans (III) et (V), on pose $x = e^{\xi}$, y devient une fonction méromorphe de ξ, quotient de deux fonctions entières. Pour (I), (II) et (III), on retombe ainsi sur la représentation des intégrales que j'ai indiquée jadis.

Enfin, considérons la différentielle elliptique $\dfrac{dy}{\sqrt{y(y-1)(y-x)}}$, et soient $\omega_1(x)$, $\omega_2(x)$ ses demi-périodes, correspondant aux demi-lacets $(\infty, 0)$,

$(\infty, 1)$; posons $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \xi$, et soit $x = \varphi(\xi)$, fonction modulaire de ξ. Si l'on remplace x en ξ dans (VI), y devient une fonction de ξ représentable par le quotient de deux fonctions holomorphes au-dessus et au-dessous de l'axe réel (coupure essentielle), ces deux fonctions dépendant d'une équation différentielle du troisième ordre.

Posons :

$$z = \frac{1}{\omega_1}\int_\infty^y \frac{dy}{\sqrt{y(y-1)(y-x)}} \qquad \frac{\omega_2}{\omega_1} = \xi;$$

y est une fonction elliptique du deuxième ordre de z bien définie par les conditions suivantes : elle a comme demi-périodes 1 et ξ, elle admet $z = 0$ comme pôle double, elle est nulle pour $z = 1$ et égale à 1 pour $z = \xi$. Soit $y = f(z, \xi)$ cette fonction elliptique de z et soit f' sa dérivée par rapport à z; la fonction $y(\xi)$, définie par (VI) quand on y remplace x par la fonction modulaire $\varphi(\xi)$, vérifie le système :

$$y = f(z, \xi), \qquad z''_{\xi^2} = \frac{\varphi'(\xi)}{\varphi(\varphi-1)}\big[\alpha f'(\eta, \xi) - \beta f'(\eta+1, \xi) + \gamma f'(\eta+\xi, \xi) + \left(\tfrac{1}{2} - \delta\right) f'(\eta + 1 + \xi, \xi)\big].$$

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Travaux magnétiques à Tananarive ville et banlieue*. Note de M. **Ed.-El. Colin**.

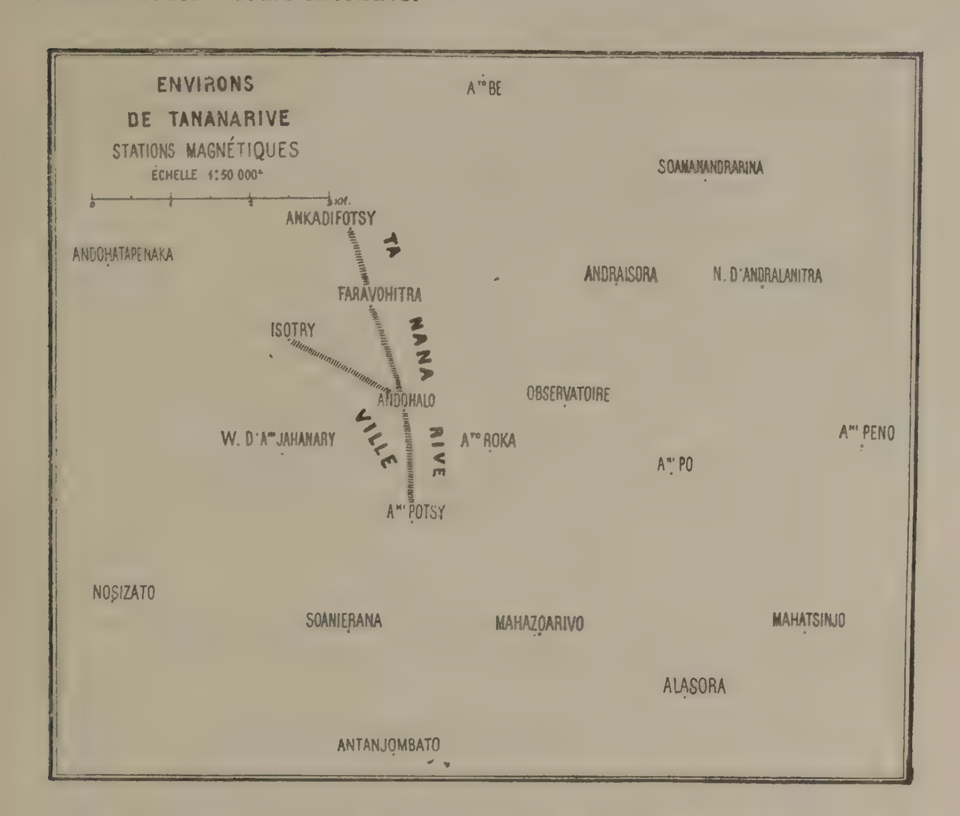
Au mois d'octobre dernier, j'ai exécuté des expériences magnétiques en quinze stations situées autour de Tananarive et en cinq points du massif de gneiss granitique sur lequel est bâtie la capitale malgache.

On sait que ce massif à croupe assez étroite présente une direction générale Sud-Nord dans sa plus grande hauteur et qu'il se divise ensuite en deux branches qui descendent graduellement dans la plaine en s'infléchissant vers l'Ouest. D'après M. Baron, missionnaire anglais, les éléments constitutifs de la roche qui forme le massif de la ville seraient le feldspath, le quartz, la hornblende et le mica; les éléments accessoires seraient la magnétite, les pyrites de fer, l'apatite, le sphène, l'augite et le zircon.

Nos cinq stations, choisies sur la croupe et autant que possible loin des habitations, afin d'éviter les influences attractives et locales, sont ainsi échelonnées; la première, sur la pointe terminale Sud du massif, au quartier d'Ambohipotsy; la seconde, au point de bifurcation, sur la place d'Andohalo; la troisième au quartier de Faravohitra, vers le milieu de la plus longue branche; la quatrième, à Ankadifotsy, son extrémité Nord; la cinquième à Isotry, extrémité de la deuxième et plus courte branche.

Lieu.	Date oct. 1906.	Heure.	Altitude.	Déclinaison NW.	Inclinaison.	Intensité (Unités C.G.S.).	Station.	Nature du terrain.
		h m h m	m	° ′ ″	° ′ ″			
Ambohipeno............	1	De 8.27 à 10.17	1374	9. 3.38	54.56.38	0,24850	30m S église cathol.	Argile rouge; fer oxydulé.
Ambatoroka........	1	14. 0 15.44	1358	9.54.43	56. 3.20	0,24565	3m S signal topograph.	Arg. roug.; roches granit.
Mahatsinjo.............	2	8.38 10.20	1329	9.53.35	53. 3.17	0,24925	Chemin N du village, arbre.	Argile jaunâtre; gneiss; fer oxydulé.
Alasora.................	2	12.10 13.40	1324	8.11.47	54.45. 9	0,24485	20m SE église.	Arg. roug.; fer oxydulé.
Soanierana	3	7.25 8.22 12.42 13.20	1283	4.58.53	50.58.47	0,25762	Embrancht chem. de ceinture et gr. route du S.	Argile rougeâtre.
Antanjombato...........	3	9.25 10.58	1278	8.49.20	54.49.38	0,25127	40m S égl.; encl. mission.	Argile rouge.
W d'Ahi jahanary	4	6.59 8. 0 12. 5 12.40	1283	9.31.37	53.31.48	0,25416	Embrancht chemin de fer et chemin de Nosizato.	Marne; tourbe; terrain d'alluvions.
Nosizato.................	4	9. 0 10.35	1293	9.42. 4	54.26.48	0,25156	50m SW clocher église.	Arg. noire; gneiss; hornblende granitique.
N d'Andralanitra.........	5	8.13 9.45	1316	9.36.33	54.40.48	0,24911	20m E maison; dans un champ.	Arg. rouge; pierres granitiques.
Soamanandrarina...... .	5 et 9	11.15 12.38 8.42 9. 5	1323	9.36.19 9.35. 4	53.57.22	0,24940	30m W clocher église, près le fossé du village.	Argile rouge.
Andohatapenaka.........	8	7.23 8.50	1287	9.31.23	54.14.26	0,24878	8m N signal; sur la digue.	Marne; sable; alluvions.
Tananarive (Isotry)	8	9.53 11.10	1309	11. 4. 6	54.46.16	0,24886	60m SW tombeau P. Ministre.	Hornblende granit; arg. rouge.
» (Ankadifotsy).	8	13.10 14.25	1305	10.38.29	54. 0.34	0,25417	50m SE temple; dans un champ.	Argile rouge.
» (Faravohitra).	9 et 11	9.20 11.19 7. 3 7.11	1332	9.33. 3	53.54.18	0,25145	30m E église; dans l'enclos de la mission cathol.	Argile jaunâtre, sable quartzeux.
Ambatobé...............	9	13.10 14.40	1314	9.52.28	54.34. 5	0,24643	40m E dernière maison; manguiers.	Argile rouge.
Tananarive (Andohalo)..	11	8. 4 8.41 12. 0 12.25	1388	9.22.23	54.17.16	0,25124	Allée SW; 50m NE poste de police.	Humus; terrain de transport.
» (Ahi potsy)...	11	9.10 10.35	1423	11. 6.27	55. 6.33	0,24227	60m S temple; siège en pierre.	Gneiss, granit décomposé.
Andraisora	11	13.30 14.57	1318	9. 4.59	54. 9.43	0,24693	100m E dernière maison du village.	Arg. rouge; sable quartz; fer oxydulé.
Mahazoarivo	12	7.35 9.35	1259	11.30. 1	54.29.16	0,24994	Pointe S falaise; chemin de fer.	Arg. rouge, quartz; alluvions.
Ambohipo...............	12	12.50 14. 7	1298	9.21. 5	53.54.38	0,24793	Même stion qu'en mai 1903.	Argile rouge.

Le Tableau précédent et la Carte ci-dessous indiquent les positions des stations et les valeurs obtenues.



Les résultats contenus dans le Tableau donnent lieu à quelques remarques.

1. Autour de Tananarive, on constate une perturbation très caractéristique à la station de Soanierana, qui se trouve à l'extrémité méridionale d'une ramification se détachant, vers l'Ouest, du massif de la ville. La déclinaison et l'inclinaison y sont faibles; la composante horizontale est relativement forte, tandis qu'à Ambohipotsy, elle atteint un minimum.

La déclinaison éprouve un maximum à Mahazoarivo, station située à la limite méridionale d'une deuxième ramification se détachant, vers l'Est, du massif de la ville. Au point culminant et septentrional de cette chaîne, appelé Ambatoroka, correspond un maximum d'inclinaison.

Le 18 mai 1893, nous avions obtenu à la station d'Ambohipo la déclinai-

son suivante : 11°59′3″; le 12 octobre 1906, en opérant exactement au même point, nous trouvâmes 9°21′5″. La variation annuelle égalerait donc, en moyenne, 12′, valeur déjà constatée à l'Observatoire pendant les années 1905 et 1906.

2. En comparant les résultats des trois éléments sur le massif de Tananarive, on remarque que la déclinaison varie entre 9° et 11°. Elle est légèrement faible sur la place d'Andohalo, suit une marche normale à Faravohitra, augmente brusquement de 1° vers l'Ouest à Ankadifotsy, et atteint 11° à Isotry et à Ambohipotsy.

L'oscillation de l'inclinaison est moindre que celle de la déclinaison : 1°12′. Normale à Faravohitra et Ankadifotsy, elle augmente de 17′ à Andohalo, de 46′ à Isotry, s'élève à plus de 55° à Ambohipotsy.

La composante horizontale croît le long du massif depuis son sommet sud Ambohipotsy, jusqu'à l'extrémité septentrionale de sa branche principale, Ankadifotsy. La valeur observée à Isotry, extrémité de la plus courte branche, représente sensiblement la moyenne des résultats obtenus aux deux termes d'Ambohipotsy et d'Ankadifotsy.

PALÉONTOLOGIE. — *L'évolution des Mammifères tertiaires; importance des migrations. Époque miocène.* Note de M. **Charles Depéret.**

Après avoir étudié les migrations des temps *Éocènes* et *Oligocènes* (*Comptes rendus,* 6 novembre 1905 et 12 mars 1906), j'étudierai les migrations de l'époque Miocène.

c. Faunes miocènes. — I. Miocène inférieur (*Burdigalien*), Faune des *sables de l'Orléanais :* gîtes principaux (Neuville-aux-Bois, Marigny, Rebréchien, Fay-aux-Loges, Beaugency, Tavers, Les Barres; Chevilly, Neuvilly, Artenay, Ruan, Chilleurs, Suèvres, Pontlevoy, Thenay, Blasois, Chitenay; Mauthelan, etc.), et du *calcaire de Montabuzard,* supérieur aux sables. — Gisements marins d'Eggenburg et de Linz (Basse-Autriche), du *Muschelsandstein* de Bruttelen, Maconnens, La Molière, Bucheggberg (Suisse), de Saint-Nazaire-en-Royans (Drôme), de la mollasse blanche des Angles (Gard), de Horta de Tripas, près Lisbonne. — Faune des fentes de carrière de *Solenhofen.*

1° *Évolution sur place :* suite des Tapiridés (*Paratapirus*), de quelques genres de Rhinocéridés (*Aceratherium, Diceratherium*), des Chalicothéridés (*Macrotherium*), des Anthracothéridés (derniers *Brachyodus*), des Suidés

(*Palæochœrus, Hyotherium*), des Tragulidés (*Hyæmoschus*), des Cervulidés (*Palæomeryx, Dicrocerus*), des Castoridés (*Steneofiber*), des Cricétidés (*Cricetodon*), des Lagomorphes (*Prolagus*), des Talpidés (*Talpa*), des Tupaiadés (*Galerix*), des Canidés (derniers *Cephalogale*), des Amphicyonidés (*Amphicyon*), des Mustélidés (*Stenogale, Palæogale, Stenoplerictis*), des Lutridés (*Lutrictis, Lutra*), des Félidés (*Pseudælurus, Machairodus*).

2° *Très importantes migrations africaines ou africano-asiatiques* des Proboscidiens (*Mastodon, Dinotherium*), des Antilopidés (*Protragocerus*), de quelques Cervulidés (*Micromeryx*), de quelques Rhinocéridés (*Teleoceras, Ceratorhinus*), de quelques Suidés (*Chœratherium, Listriodon*), et des Singes Anthropoïdes (*Pliopithecus*).

3° *Migration probablement nord-américaine* des Equidés (*Anchitherium*).

II. Miocène moyen (*Vindobonien,* subdivisible en trois sous-étages : *Helvétien, Tortonien, Sarmatien*). A ces trois sous-étages correspondent trois faunes de Mammifères reliées entre elles par des transitions insensibles, et dont on peut prendre les types dans le bassin sous-pyrénéen : 1 *horizon de Sansan ;* 2 *horizon de Simorre ;* 3 *horizon de Saint-Gaudens*.

1. *Horizon de Sansan*. — Principaux gîtes : Sansan, Jegun (Gers), faluns de la Loire (Pontlevoy, Sainte-Maure, Manthelan); mollasse marine des environs de Romans (pont de l'Herbasse, Bren, Élérieux); mollasse marine de Souabe (Baltringen, Rammingen, Heggbach, Hausen; Niederstozingen, Süssen, Ursendorf, Hochgeland); des lignites de Styrie (Eibiswald, Göriach, Wies, Voitsberg, Gamlitz, Parschlug, Neufel) et de la Basse-Autriche (Leoben, Leiding, Feisternitz, sables marins de Grund à Guntersdorf); Georgengsmund (Bavière), Engelswies (Bade).

2. *Horizon de Simorre*. — Principaux gîtes : Simorre, Bonnefond, Saint-Cristan, Tournon, Villefranche d'Astarac, l'Isle-en-Dodon (Gers); Saverdun (Ariège); couches marines de Mirabeau (Basses-Alpes), de Sorgues (Vaucluse), de Romans (Drôme); Steinheim, Nordlingen, Ries, Althausen, Urlau (Souabe); Hohenhoven (Bade); bassin intra-alpin de Vienne (Dornbach, Vordersdorf, Funfkirchen, Loretto, Bruck-a.-Leitha, Breitenbrunn, Margarethen, Mannersdorf, Neudorf); Abstdorf, Franzensbad (Bohême); Wosskressensk (Russie), Pesth, Ssoskut (Hongrie); Trauenzinen (Silésie), Krivadia et Gyulu-Mendru (Transylvanie).

Les riches gisements sidérolithiques de La Grive-Saint-Alban (Isère), du Mont Ceindre (Rhône), de Fretty près Tournus (Saône-et-Loire), de Gray (Haute-Saône), de Mösskirch, Genkingen, Willmardingen, Heuberg, Melchingen, Jungnau (Souabe) appartiennent en grande partie à cet horizon.

3. *Horizon de Saint-Gaudens.* — Principaux gîtes: Valentine, Saint-Gaudens, Montréjeau (Haute-Garonne); Delsberg, le Locle, La Chaux-de-Fonds, Vermes, Œningen, Ellg, Kapffnach, Veltheim (Suisse); Hœder, Dinkelscherben, Günsburg, Diessen, Reichenau, Reisensburg, Dasing, Fraising, Tutzing, Stätsling, Reichersthofen, Frontenhausen, Flinz de Munich, Saint-Georgen (Bavière); Hernals, Heiligenstadt (Bassin de Vienne); monte Bamboli (Toscane); San Isidro près Madrid; Aveiras de Baixo (Portugal); Kriwoi-Rog, Nicolaieff, Sébastopol (Russie).

1° *Évolution sur place.* — Suite des Équidés (*Anchiterium*), des Tapiridés (*Paratapirus*), des Rhinocéridés (*Aceratherium, Teleoceras, Ceratorhinus*), des Chalicothéridés (*Macrotherium*), des Suidés (derniers *Hyotherium* et *Chœrotherium; Listriodon; Sus* à la fin), des Tragulidés (*Hyæmoschus*), des Cervulidés (*Dicrocerus, Micromeryx*, derniers *Palæomeryx*) des Antilopidés (*Protragocerus*), des Proboscidiens (*Mastodon, Dinotherium*), des Théridomydés (derniers *Theridomys*), des Myoxidés (*Myoxus*), des Sciuridés (*Sciurus*), des Castoridés (*Steneofiber*), des Cricétidés (*Cricetodon*), des Lagomorphes (*Prolagus, Lagomys*), des Talpidés (*Talpa, Proscapanus, Scaptonyx*), des Myogalidés (*Myogale*), des Tupaiadés (derniers *Galerix* et *Lantanotherium*), des Soricidés (*Sorex, Crocidura*), des derniers Dimylidés (*Plesiodimylus*), des Erinacéidés (*Erinaceus*, derniers *Palæoerinaceus*), des Chiroptères (*Rhinolophus, Cynonycteris, Vespertilio, Vesperugo*), des Canidés (*Galecynus*), des Amphicyonidés (*Pseudocyon, Hemicyon, Dinocyon*, derniers *Amphicyon*), des Mustélidés (*Haplogale, Stenogale, Pseudictis, Mustela, Palæogale, Proputorius, Trochictis, Trochotherium*), des Lutridés (*Lutra, Enhydriodon*), des Viverridés (*Viverra, Herpestes, Progenetta*), des Félidés (*Machairodus, Hyænailurus*, derniers *Pseudælurus*, premiers *Felis*).

2° *Migration d'origine sud-américaine* (par l'intermédiaire de l'Afrique) des Hystricidés (*Hystrix*).

3° *Migrations probablement asiatico-africaines* des Ursidés (plusieurs rameaux (*Pseudarctos, Hyænarctos, Ursavus*), des Singes Catarrhiniens (*Oreopithecus*) et Anthropoïdes (*Dryopithecus*).

III. Miocène supérieur (*Pontien*). *Faune de Pikermi.* — Principaux gîtes : Pikermi (Grèce), Samos (Asie Mineure), Maragha (Perse), Tchernigow, sables de Balta, calcaire d'Odessa et de Groussolowo (Russie), Manzati (Roumanie), Baltavar (Hongrie), Eppelsheim (Allemagne), Siebenhirten, sables à Congéries du bassin de Vienne, environs d'Eggenburg (Basse-Autriche); Mont-Laberon, Visan (Vaucluse), Aubignas (Ardèche), Puy-Courny (Cantal), Saint-Jean-de-Bournay, La Tour-du-Pin, La Trappe de

Chambaran (Isère), Montmirail, Tersanne (Drôme), La Croix-Rousse et Sainte-Foy à Lyon, Ambérieu, Soblay, Saint-Jean-le-Vieux (Ain), rocher du Dragon à Aix-en-Provence, Montredon (Hérault), Estavar (Cerdagne), Orignac (Hautes-Pyrénées), Concud (Espagne), Archino (Portugal).

Au même niveau appartiennent la plus grande partie des gîtes sidérolithiques de Salmendingen, Melchingen, Trochtelfingen, Ebingen, Undingen, Heuberg (Souabe).

1° *Évolution sur place.* Suite des Tapiridés (*Tapirus*), de quelques rameaux de Rhinocéridés (*Ceratorhinus*, derniers *Aceratherium* et *Teleoceras*), des derniers Chalicothéridés (*Chalicotherium*), des Suidés (*Sus*, derniers *Listriodon*), des Tragulidés (derniers *Hyæmoschus*), des derniers Cervulidés (*Dicrocerus, Micromeryx*), des Castoridés (derniers *Chalicomys*, premiers *Castor*), des Hystricidés (*Hystrix*), des Canidés (*Simocyon*), des derniers Amphicyonidés (*Dinocyon*), des Ursidés (*Hyænarctos, Ursavus*), des Mustélidés (*Mustela, Promeles, Promephitis*), des Viverridés (*Ictitherium*), des Félidés (*Machairodus, Felis*), des singes Anthropoïdes (*Dryspithecus, Anthropodus*).

2° *Migrations nord-américaines* (peut-être par l'Asie) d'un Equidé (*Hipparion*) et des Léporidés (*Lepus*).

3° *Migrations africano-asiatiques* de quelques Rhinocéridés (*Atelodus*), des Cervidés (*Capreolus*), des Giraffidés (*Helladotherium, Palæotragus, Camelopardalis, Sarnotherium*, de plusieurs rameaux d'Antilopidés (*Palæoryx, Gazella, Palæoreas, Protragelaphus*), des Ovidés (*Criotherium*), des Hyænidés (*Lychyæna, Hyænictis, Hyæna*), des Muridés (*Acomys*), de singes Catarrhiniens (*Mesopithecus*).

PLIS CACHETÉS.

Mme Vve **Maria-Augustine Forichon** demande l'ouverture d'un pli cacheté anonyme reçu dans la séance du 8 octobre 1906 et non classé, selon l'usage.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire descriptif d'un *Appareil électrique pour stériliser les eaux*.

Conformément à la demande de l'auteur, le Mémoire est renvoyé à la Commission chargée de juger le concours du prix Montyon (Arts insalubres) pour 1907.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce la mort de M. *Jean-Abraham-Chrétien Oudemans*, Correspondant de l'Académie pour la Section de Géographie et de Navigation, et celle de M. *Jacques-Augustin Normand*, Correspondant de l'Académie pour la même Section.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** transmet à l'Académie la copie d'un Rapport de l'Ambassadeur de la République française à Saint-Pétersbourg, contenant des renseignements sur l'expérience tentée, au cours de la dernière guerre, par le Gouvernement russe, en vue d'organiser un service de transports entre la Russie et le centre de la Sibérie par la voie de l'océan Glacial et de l'Iénisséi.

Mme **Sklodowska Curie** remercie l'Académie de l'hommage qu'elle a rendu à la mémoire de Pierre Curie en lui attribuant le prix Jean Reynaud.

MM. **G. André, André Auric, Bataillon, Georges Bohn, Boudier, G. Caubert, A. Charpy, René Daveluy, A. Demoulin, J.-V. Detroye, J.-H. Fabre, G. Gouré de Villemontée, Grignard, C. Houlbert, Adolphe Javal, L. Laurent, Stéphane Leduc, Ant. Magnin, Edmond Maillet, Mandoul, Georges Marié, J. Massau, Edmond Meyer, R. de Montessus, Robert Moog, Offret, Padé, J. Palisa, Pallary, Georges-G. Paraf, A. Pizon, Porcher, Achille Raffray, Remy, A. Riccò, L.-G. Seurat, A. Stodola, Toy** adressent des remercîments à l'Académie pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Die Handschriften der antiken Aerzte. Griechische Abteilung*. Im Auftrage der akademischen Kommission, herausgegeben von H. Diels.

2° *Les abaques hexagonaux*, par M. Ch. Lallemand.

3° *Ferrum*, poème latin écrit en 1717 par le P. Xavier de la Sante et traduit en vers français par F. Osmond.

ASTRONOMIE. — *Sur la nature de l'atmosphère de Mercure et de Vénus.* Note de M. P. Salet, présentée par M. Lœwy.

Dans une communication faite en 1892, M. Landerer a annoncé que la lumière de Vénus n'était pas polarisée et a attribué ce fait à une épaisse couche de nuages recouvrant la surface visible. Je me suis livré à la même recherche pour Mercure, en me servant d'un prisme de Wollaston, puis de différents polariscopes de Savart à bandes très serrées placés devant l'oculaire de l'équatorial de la Tour de l'Est et permettant d'avoir au moins trois bandes sur le diamètre de la planète. Dans les observations du soir, je me suis servi d'un verre rouge monochromatique pour avoir des bandes plus nettes et pour diminuer la lumière polarisée de l'atmosphère qui est surtout riche en rayons violets. J'ai placé, quand cela se pouvait, les bandes à 45° de la verticale pour supprimer une polarisation horizontale possible de la lumière par réfraction dans l'atmosphère. Avec ces précautions, j'ai trouvé que la lumière de Mercure n'est pas sensiblement polarisée.

Il serait peut-être prématuré de tirer de ce fait une conclusion relative à l'atmosphère de Mercure. Si l'on examine en effet la Lune avec un polariscope à bandes serrées placé devant l'oculaire, on voit en même temps le degré de polarisation des différents points de sa surface. On s'aperçoit alors que les bandes de polarisation qui sont très fortement marquées sur les mers sont à peine visibles sur d'autres parties où le sol est très bouleversé. L'absence de polarisation de Mercure peut donc venir de la nature de son sol. On sera fixé sur ce point si cette absence de polarisation est toujours confirmée par la suite; car, si elle est due à des nuages, ce régime nuageux n'est sans doute pas absolument permanent et général sur toute la planète.

Je rappelle que le dispositif employé qui donne des bandes de polarisation serrées sur le diamètre de l'astre est plus sensible que le photopolarimètre. Ce dispositif m'a d'ailleurs permis de voir et de photographier pour la première fois ces bandes de polarisation sur la couronne solaire en 1905.

ASTRONOMIE. — *Formule applicable aux durées de rotation directe des planètes et du Soleil.* Note de M. ÉMILE BELOT, présentée par M. H. Poincaré.

La formule additive suivante comprenant deux termes représente d'une manière remarquable les six rotations connues du système solaire : T est exprimé en heures; a, distance au centre du système, en rayons de l'orbite terrestre; D, diamètre de l'astre, en diamètres de la Terre; d est sa densité par rapport à l'eau :

$$T = \frac{23,75}{\sqrt{a}\, D^{\frac{1}{2,7}}} + \frac{0,61\, D}{\sqrt{d}},$$

Corps célestes.	Proportion de $m. + m'.$	T	= T_1	+ T_2.	Temps de rotation synodique calculé.	Temps de rotation synodique observé.	Ecart.
Soleil	8,4 + 1	230,02	= $473^{h},85$	+ $56^{h},17$	$22^{j}\ 2^{h}$	$25^{j}\ 4^{h}$	$-\,3^{j}\ 2^{h}$
Mercure...	458 + 1	55,12	= 55,00	+ 0,12	$55^{h}\ 7^{m}$	»	»
Vénus.....	96 + 1	28,225	= 27,936	+ 0,289	$28^{h}\,13^{m},5$	»	»
Terre	91 + 1	24,01	= 23,75	+ 0,260	$24^{h}\ 0^{m},5$	24^{h}	$+\ 0^{m},6$
Mars......	148 + 1	24,484	= 34,320	+ 0,164	$24^{h}\,28^{m},8$	$24^{h}\,39^{m},6$	$-\ 10^{m},8$
Jupiter....	3 + 4	10,125	= 4,275	+ 5,850	$10^{h}\ 7^{m},5$	$9^{h}\,55^{m},6$	$+\ 11^{m},9$
Saturne ...	1 + 2	10,147	= 3,367	+ 6,780	$10^{h}\ 8^{m},8$	$10^{h}\,14^{m},4$	$-\ 5^{m},6$
Lune......	7563 + 1	756,4	= 756,3	+ 0,10	$31^{j}\,12^{h}\,14^{m}$	$29^{j}\,12^{h}\,44^{m}$	$+\,1^{j}\,23^{h}\,28^{m}$
Ganymède.	»	373,5	= 373,5	+ 0,00	$15^{j},50$	»	»
Callisto....	»	315,7	= 315,7	+ 0,00	$15^{j},15$	»	»

Pour le Soleil, de rayon $R = 692000^{km}$, il faut considérer dans le premier terme de la formule a et D comme variables de zéro à R : on aura donc la valeur moyenne de T_1 en calculant l'expression

$$T_1 \int_0^R dr = 23750 \sqrt{149}\, \sqrt[2,7]{6378} \int_0^R r^{-\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2,7}\right)} dr,$$

les constantes de l'expression précédente étant déterminées par les unités choisies.

On trouve ainsi une durée de rotation de 22 jours 2 heures un peu moindre que celle résultant de l'observation des taches : or, Faye a expliqué la vitesse variable des taches par la rotation plus rapide du noyau solaire.

La rotation trouvée pour la Lune correspond à une distance (64,2) plus grande que 60,2, ainsi qu'il fallait s'y attendre si la Lune se rapproche lentement de la Terre par une accélération séculaire due peut-être à un accroissement de masse météoritique de la Terre et d'ailleurs indépendante de l'accélération périodique expliquée par Laplace.

La durée de rotation calculée pour Vénus est dans les limites trouvées par M. Belopolsky.

Il est facile de voir que la durée de rotation T donnée par la formule est considérable pour les satellites et petites planètes, puisque D est faible : d'ailleurs, pour ces astres, la valeur de T_2 est très faible. Le calcul a été fait pour les satellites III et IV de Jupiter : on trouve des durées de rotation (15,50 jours et 13,15 jours) de l'ordre des durées de révolution (7,15 jours et 16,66 jours).

Il est intéressant de remarquer que le terme T_2, qui correspond à m', augmente en effet avec l'importance des satellites de chaque planète, et que le rapport de T_1 à T_2 ou de m à m' semble se rapprocher de proportions multiples simples pour les astres ayant la masse la plus grande (Soleil, Jupiter, Saturne).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode de calcul des variations.* Note de M. **Hadamard**, présentée par M. Appell.

Les importantes méthodes que l'on doit à M. Hilbert pour l'étude des problèmes du Calcul des variations permettent d'affirmer, dans des cas très étendus, l'existence de la solution. M. Hilbert n'a, d'ailleurs, pas visé d'autre but et n'a pas entendu fournir un procédé de calcul si théorique soit-il.

Je voudrais indiquer ici, pour arriver au même résultat, une autre manière d'opérer qui n'abdique pas toute prétention à cet égard. Elle ne constitue certes pas plus une méthode pratique de calcul que ne le font les autres démonstrations d'existence classiques en Calcul intégral. Mais, au moins dans certains cas, elle ne leur est pas inférieure sous ce point de vue : elle permet, à la rigueur, le calcul numérique et, en tout cas, l'étude analytique des solutions.

Je m'adresserai à l'exemple le plus simple, celui de l'intégrale

$$(1) \qquad I = \int_0^a f(x, y, y')\,dx.$$

La variation première est, en employant la transformation de du Bois-Reymond et désignant par h une constante arbitraire,

$$\delta I = \int_0^a \left(\frac{\partial f}{\partial y'} - \int_0^x \frac{\partial f}{\partial y} dx - h \right) \delta y' \, dx = \int^a Q \, \delta y' \, dx,$$

le symbobe δ désignera ici une dérivée partielle par rapport au paramètre auxiliaire α. Posons

$$(2) \qquad \delta y' = -\rho Q, \qquad \delta y = \int_0^x \delta y' \, dx,$$

ρ étant positif (nous le supposerons, pour le moment, constant) et h étant déterminé de manière à rendre δy nul pour $x = a$.

Si la fonction f admet, comme nous le supposons, des dérivées successives satisfaisant à la condition de Lipschitz, le système (2) s'intègre sans difficulté, par approximations successives, à la façon des équations différentielles ordinaires, en supposant que l'on donne la *courbe initiale*, c'est-à-dire la valeur de y, en fonction de x pour $\alpha = 0$.

Si cette valeur initiale admet une dérivée seconde par rapport à x, il en est de même de la valeur de y pour une valeur quelconque de α, et l'on a (pour ρ constant)

$$\delta y'' = -\rho[A y'' + \varphi(x, y, y')],$$
$$A = \frac{\partial^2 f}{\partial y'^2}; \qquad \varphi(x, y, y') = \frac{\partial f}{\partial y} - y' \frac{\partial^2 f}{\partial y \, \partial y'} - \frac{\partial^2 f}{\partial y' \, \partial x}.$$

Quant à δI, il a la valeur toujours négative

$$\delta I = -\int_0^a \rho Q^2 \, dx.$$

Bornons-nous maintenant aux fonctions positives f qui (outre les hypothèses de régularité précédentes) vérifient les conditions suivantes :

1. A est positif et, même pour $y' = \pm \infty$, admet une limite inférieure positive.

2. Le rapport $\frac{\varphi^2}{f}$ admet une limite supérieure déterminée (même pour $y' = \pm \infty$).

Il en est ainsi, par exemple, pour $f = \frac{1}{2}[A(x)y'^2 + 2Byy' + Cy^2]$.

I. Supposons encore que :

3. L'expression

$$\int_0^a \left(A\,\delta y'^2 + 2\frac{\partial^2 f}{\partial y\,\partial y'}\delta y\,\delta y' + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}\delta y^2 \right) dx,$$

c'est-à-dire la variation seconde débarrassée des termes en $\delta^2 y$, $\delta^2 y'$, est toujours positive et même (conformément aux conclusions bien connues de Scheeffer et de Kneser) dans un rapport non infiniment petit avec son premier terme $\int_0^a A\,\delta y'^2\,dx$.

Alors $\delta^2 I$ sera toujours positif et supérieur à $-K\,\delta I$, K étant un nombre fixe.

Donc, pour α infiniment grand, δI tend vers zéro suivant une loi exponentielle, et l'on trouve qu'il en est de même (quel que soit x) pour $\delta y'$, grâce à ce fait (conséquence de l'hypothèse 2) que $\int y''^2\,dx$ et $\int \delta y''^2\,dx$ restent finis.

Ainsi y *et* y' *tendent, pour* $\alpha = +\infty$, *vers des limites qui vérifient les conditions du problème.* — On a même une limite supérieure de l'erreur commise, tant sur y que sur y', en s'arrêtant à une valeur déterminée de α.

On déduit de là que *la solution du problème est unique,* ce qui ne ressortait pas des méthodes classiques.

II. Si l'on abandonne l'hypothèse 3, on constate encore que $\delta y'$ tend uniformément vers zéro; mais on ignore, *a priori,* suivant quelle loi. Néanmoins la fonction y' tend encore soit vers une limite déterminée, soit vers une infinité de limites qui toutes annulent la variation première. Ce second cas serait évidemment exceptionnel; il ne pourrait se présenter que s'il passait une infinité d'extrémales par les deux points donnés. Il est d'ailleurs à présumer que même alors (au moins en ne prenant plus la quantité ρ constante et en la choisissant convenablement) la limite serait unique; et que, en général, l'hypothèse 3 serait vérifiée pour α suffisamment grand.

L'hypothèse 1, au moins pour y' fini, est évidemment dans la nature des choses. Quant à l'hypothèse 2 et à l'hypothèse 1 pour y' infini, elles deviendront inutiles lorsqu'on prendra l'intégrale sous forme paramétrique.

Au reste, il conviendra d'étudier de plus près l'application de cette méthode, non à des exemples justiciables, comme le précédent, de procédés élémentaires, mais à des problèmes moins aisés à élucider directement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles du second ordre à deux variables indépendantes qui admettent un groupe d'ordre impair de transformations de contact.* Note de M. **J. Clairin**, présentée par M. Appell.

J'ai démontré récemment [1] un théorème relatif aux équations aux dérivées partielles du second ordre à deux variables indépendantes qui admettent un groupe d'ordre pair de transformations de contact; je me propose d'indiquer un résultat analogue pour les équations qui admettent un groupe d'ordre impair de transformations de contact.

Les lettres ayant la même signification que dans la Note précédente, soit

$$r + f(x, y, z, p, q, s, t) = 0 \tag{1}$$

une équation aux dérivées partielles du second ordre dont un système de caractéristiques satisfait à l'équation différentielle

$$dy = \mu(x, y, z, p, q, s, t)\,dx;$$

soient

$$X_1F, \quad X_2F, \quad \ldots, \quad X_{2n+1}F$$

$2n+1$ transformations de contact qui engendrent un groupe (γ) et laissent invariante l'équation (1), le nombre entier n est supposé différent de zéro. Prolongeons ces transformations en tenant compte de (1) et des équations déduites de (1) par dérivation, les équations qui définissent les invariants différentiels d'ordre $n+1$ du groupe sont

$$X_1F = 0, \qquad X_2F = 0, \qquad \ldots, \qquad X_{2n+1}F = 0; \tag{2}$$

si l'on conserve les mêmes lettres pour représenter les transformations infinitésimales prolongées, écrivons en outre l'équation

$$\frac{\partial F}{\partial p_{0,\,n+1}} - \mu(x, y, z, p, q, s, t)\frac{\partial F}{\partial p_{1,\,n}} = 0. \tag{3}$$

Les équations (2) et (3) forment un système complet, les variables sont au nombre de $2n+5$; il existe par conséquent trois intégrales distinctes;

---

[1] *Comptes rendus,* 26 novembre 1906.

posons

$$x' = \varphi_1(x, y, z, p, q, s, t, \ldots, p_{1,n}, p_{0,n+1}),$$
$$y' = \varphi_2(x, y, z, p, q, s, t, \ldots, p_{1,n}, p_{0,n+1}),$$
$$z' = \varphi_3(x, y, z, p, q, s, t, \ldots, p_{1,n}, p_{0,n+1});$$

φ_1, φ_2, φ_3 désignant ces trois intégrales, nous allons montrer que z' considérée comme fonction de x', y' satisfait à une équation de Monge-Ampère. Les expressions des dérivées premières et secondes de z' sont données par les équations

$$dz' - p'\,dx' - q'\,dy' = 0,$$
$$dp' - r'\,dx' - s'\,dy' = 0,$$
$$dq' - s'\,dx' - t'\,dy' = 0,$$

où il faut remplacer x', y', z' par φ_1 φ_2 φ_3. On vérifie très aisément que p' et q' sont des intégrales de l'équation

$$\frac{\partial F}{\partial p_{0,n+2}} - \mu(x, y, z, p, q, s, t)\frac{\partial F}{\partial p_{1,n+1}} = 0,$$

et r', s', t' des intégrales de

(4) $$\frac{\partial F}{\partial p_{0,n+3}} - \mu(x, y, z, p, q, s, t)\frac{\partial F}{\partial p_{1,n+2}} = 0.$$

De plus, on peut remarquer que x', y', z', p', q' satisfont à cette dernière équation puisqu'elles ne contiennent pas les dérivées de z d'ordre supérieur à $n+2$.

x', y', z', p', q', r', s', t' sont des invariants de (γ) d'ordre inférieur ou égal à $n+3$, c'est-à-dire des intégrales d'un système de $2n+1$ équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre; ce sont, en outre, des intégrales de (4). Dans ces équations figurent $2n+9$ variables x, y, z, p, q, s, t, $\ldots$, $p_{1,n+2}$, $p_{0,n+3}$, il ne peut donc exister plus de sept intégrales distinctes, c'est-à-dire que x', y', z', p', q', r', s', t' sont liées par une relation

(5) $$g(x', y', z', p', q', r', s', t') = 0;$$

$z'(x', y')$ satisfait à une équation aux dérivées partielles du second ordre qui est, du reste, une équation de Monge-Ampère.

Nous aurions pu faire un raisonnement tout semblable en considérant le second système de caractéristiques de l'équation donnée défini par

l'équation différentielle

$$dy = m(x, y, z, p, q, s, t)\, dx$$

et en adjoignant aux équations (2)

$$\frac{\partial F}{\partial p_{0,n+1}} - m(x, y, z, p, q, s, t)\frac{\partial F}{\partial p_{1,n}} = 0;$$

nous aurions ainsi déduit de l'équation (1) une seconde équation de Monge-Ampère

$$(6) \qquad h(x'', y'', z'', p'', q'', r'', s'', t'') = 0.$$

En remarquant que $x', y', z', p', q', x'', y'', z'', p'', q''$ sont des invariants d'ordre $n+2$ du groupe (γ), on voit que ces dix quantités sont liées par quatre relations : les équations (5) et (6) se correspondent par une transformation de Bäcklund de première espèce.

Les transformations précédentes peuvent, dans certains cas, se décomposer en plusieurs transformations, les unes étant des transformations de l'espèce que j'ai signalée dans ma dernière Note, les autres des transformations de Bäcklund.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur l'extinction du frottement.* Note de M. L. **Lecornu**, présentée par M. Appell.

Dans une Adresse lue en 1905 au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, M. Appell appelait l'attention sur divers cas où le mouvement d'un système s'effectue de façon que le travail du frottement diminue de plus en plus, comme si le système cherchait à échapper au frottement : c'est ce qui arrive notamment dans le glissement d'un cerceau ou d'une boule, glissement qui aboutit finalement à un simple roulement, ou encore dans le redressement progressif de l'axe d'un corps de révolution lancé sur un plan horizontal. Voici un autre exemple assez général, dans lequel la même tendance se manifeste avec une netteté particulière.

Il s'agit du mouvement d'un ensemble quelconque de sphères homogènes qui ont leurs centres fixes et qui exercent à leurs divers points de contact des pressions mutuelles données.

Je suppose d'abord que le système, après avoir été lancé d'une manière

quelconque, soit entièrement abandonné à lui-même. Considérons la fonction $\Phi = \Sigma FV$, dans laquelle la sommation Σ est étendue à tous les points de contact. F désigne l'action tangentielle, de grandeur constante, exercée en l'un quelconque de ces points et V, la vitesse de glissement correspondante. Φ est une fonction assez compliquée des coordonnées des points de contact et des composantes p, q, r des vitesses de rotation des sphères; mais cette fonction jouit d'une propriété remarquable : sa dérivée totale $\frac{d\Phi}{dt}$ par rapport au temps est essentiellement négative. Par conséquent : *le travail du frottement, rapporté à l'unité de temps, va constamment en diminuant.*

Ce théorème subsiste quand, pour un ou plusieurs des points de contact, le glissement est remplacé par un roulement ($V = 0$). Il en est encore de même lorsque certaines sphères, au lieu d'être mobiles autour de leurs centres, sont assujetties à tourner autour d'axes fixes. Enfin la fonction Φ demeure également décroissante quand, au lieu d'abandonner le système à lui-même, on applique sur une ou plusieurs sphères des forces telles que chacune de ces sphères tourne, avec une vitesse constante, autour d'un axe fixe. Il peut alors arriver que le système atteigne finalement un état permanent dans lequel persistent certains glissements. Dans cet état final, les dérivées partielles de Φ par rapport aux composantes p, q, r susceptibles de variation sont toutes nulles, de telle sorte que *le travail du frottement est rendu minimum.*

Observons d'ailleurs que les sphères tournant autour d'axes fixes peuvent être remplacées par des corps de forme quelconque homogènes ou non, pourvu que chacun de ces corps tourne autour d'un axe fixe et présente des surfaces de révolution touchant les corps voisins en des points qui demeurent fixes : une pareille substitution ne modifie aucunement les équations du mouvement et laisse par conséquent subsister les conclusions qui précèdent.

PHYSIQUE. — *Sur les modifications dissymétriques de quelques bandes d'absorption d'un cristal sous l'action d'un champ magnétique.* Note de M. **Jean Becquerel**, présentée par M. H. Poincaré.

Lorsqu'un cristal uniaxe, placé dans un champ magnétique parallèle à l'axe optique, est traversé par un faisceau lumineux dans la direction de l'axe, la théorie montre que le cristal doit propager deux vibrations circu-

laires inverses et que les bandes d'absorption doivent donner des doublets ou des élargissements symétriques. En observant le spectre d'un cristal de xénotime, au moyen d'un analyseur circulaire permettant d'obtenir deux plages contiguës correspondant à des vibrations circulaires inverses, l'expérience, conformément à la théorie, a montré que la plupart des bandes se déplacent dans des sens opposés dans les deux plages, en conservant leur intensité et leur largeur ([1]).

Sans insister sur quelques dissymétries provenant de la proximité de bandes très voisines qui, lorsque le champ est excité, empiètent plus ou moins les unes sur les autres, je signalerai quelques bandes qui se comportent d'une facon anormale.

Certaines bandes ($487^{\mu\mu}$ et $545^{\mu\mu},8$) donnent dans l'une des deux plages un doublet symétrique; dans l'autre plage, on observe un rétrécissement de la bande dont le milieu devient plus intense. On peut interpréter très simplement ce phénomène en admettant que la bande est constituée par deux parties accolées qui correspondent à des électrons *de signes contraires,* pour lesquels le rapport $\frac{e}{m}$ est le même. Ces électrons, qui ne diffèrent que par le signe de la charge e et dont les périodes sont très voisines, semblent bien faire partie d'un même groupement.

L'explication de ces apparences me paraît très difficile si l'on n'admet pas l'existence des électrons positifs.

Une bande ($657^{\mu\mu},1$) subit une modification d'un nouveau type, dont l'étude présente un grand intérêt. Cette bande, peu intense, se déplace *du côté du rouge dans chacune des deux plages.* Celle des composantes circulaires, qui correspond à des vibrations de même sens que le courant magnétisant, se déplace d'environ $0^{\mu\mu},11$ dans un champ de 17000 unités, *en augmentant d'intensité,* tandis que la bande de l'autre plage *s'affaiblit* et devient presque imperceptible. Il m'a paru exister entre les deux composantes un décalage correspondant à des électrons positifs; l'effet est trop petit pour pouvoir même être affirmé. Lorsque le faisceau lumineux est normal au champ, l'axe et le champ étant toujours parallèles, on observe (ce qui est d'accord avec les observations précédentes) que dans le spectre des vibrations ordinaires normales au champ, cette bande $657^{\mu\mu},1$ se déplace du côté du rouge de $0^{\mu\mu},18$ dans un champ évalué à 26900, au lieu de donner comme les autres un élargissement ou un doublet symétrique dont le milieu est à la place de la bande primitive.

Il ne m'a pas semblé possible de rendre compte de ces phénomènes en admettant simplement que la bande provienne de plusieurs espèces d'électrons et je pense que l'on observe une manifestation intime du magnétisme moléculaire. Décomposons en effet en deux vibrations circulaires inverses

---

([1]) Jean Becquerel, *Comptes rendus*, 9 avril et 10 décembre 1906.

la projection du mouvement de chaque électron sur un plan normal à l'axe. Si nous supposons que les orbites des électrons ou que certains groupements de ces électrons puissent s'orienter sous l'action du champ, et que la somme des mouvements circulaires d'un sens devienne notablement différente de la somme des mouvements contraires, l'une des composantes deviendra plus forte aux dépens de l'autre et l'on observera une dissymétrie d'intensité. Le sens de cette dissymétrie pour la bande $657^{\mu\mu},1$ correspondrait à une orientation des mouvements d'électrons positifs. D'autre part, l'ensemble des électrons sera équivalent à un aimant orienté suivant les lignes de force. Les cristaux de xénotime sont d'ailleurs magnétiques, et un cube s'oriente de manière que l'axe soit parallèle au champ.

Au moyen d'un quart d'onde suivi d'un compensateur de Babinet, on constate que la biréfringence circulaire, c'est-à-dire *la polarisation rotatoire magnétique, est de sens contraire de part et d'autre de la bande,* positive du côté violet et négative du côté rouge, et sensiblement nulle au milieu de la bande. Le pouvoir rotatoire varie rapidement aux environs de la bande malgré sa faible intensité. Ces faits s'expliquent aisément en remarquant que, en raison de l'inégalité considérable des deux composantes, la dispersion anomale est bien plus grande pour l'une des vibrations circulaires que pour l'autre.

On peut se demander si les anomalies présentées par les corps magnétiques, et la grandeur de la dispersion rotatoire de certains d'entre eux, ne pourraient se rattacher à un phénomène de même nature. En particulier la déformation des vibrations rectilignes après leur passage dans une lame mince de fer pourrait être la conséquence d'un effet semblable. Je rappellerai enfin qu'avec le chlorure de praséodyme, M. Wood a également observé un pouvoir rotatoire de sens contraire de part et d'autre d'une bande (¹).

Je terminerai cette Note par quelques remarques relatives à une théorie que M. Voigt a fait paraître ces jours derniers (²). M. Voigt a, de son côté, traité la question des phénomènes magnéto-optiques dans les cristaux, exactement au point de vue où je m'étais placé dans mes Notes précédentes, en généralisant ses anciennes théories. Une seule différence existe dans les équations différentielles qui lient la force électrique et les polarisations partielles; M. Voigt a conservé pour le coefficient du vecteur dépendant du champ deux paramètres différents dans les directions *ox* et *oy* normales au

(¹) R.-W. Wood, *Phys. Zeitschr.*, t. VI, 1905, p. 416.

(²) W. Voigt, *Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.*

champ *oz*. Comme ces paramètres représentent le produit du rapport de la charge à la masse par le carré de la période des électrons et que les périodes suivant *ox* et *oy* sont *nécessairement* très voisines si les bandes sont sensibles, j'avais pris le même paramètre *c* pour les directions *ox* et *oy*.

Les conclusions énoncées par M. Voigt s'appliquent à des cas limites. Les formules et les courbes données dans mes précédentes Notes [1] montrent que les résultats peuvent s'écarter notablement des lois limites, principalement pour les bandes floues, pour lesquelles les coefficients d'amortissement ϑ'_1 et ϑ'_2 sont grands.

M. Voigt donne l'explication des modifications subies par le spectre de la vibration *parallèle au champ* et montre que l'on peut rendre compte des résultats expérimentaux en considérant un vecteur auxiliaire $\mathfrak{z}_h$ dont la période doit être supposée différente de celle de la polarisation $\mathfrak{Z}_h$ lorsque les modifications sont dissymétriques. J'étais arrivé à la même formule, que je n'avais pas encore publiée; d'ailleurs, les courbes relatives à la vibration normale au champ peuvent également représenter les variations du coefficient d'absorption de la vibration parallèle au champ, à la condition de remplacer ϑ_{02} et ϑ'_2 par la période et l'amortissement du vecteur $\mathfrak{z}_h$, ϑ_{01} et ϑ'_1 par la période $\sqrt{\mathfrak{b}}$ et l'amortissement $\mathfrak{a}$ du vecteur auxiliaire $\mathfrak{z}_h$, enfin le terme c_hR par le terme $d_h\vartheta$ de la formule de M. Voigt. Les formes dissymétriques des courbes sont tout à fait conformes aux aspects que prennent les bandes dans le spectre de la vibration parallèle au champ.

PHYSIQUE. — *La variation du ferromagnétisme avec la température.* Note [2] de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. J. Violle.

M. Langevin [3], après avoir montré que le magnétisme des corps faiblement magnétiques peut s'expliquer par l'équilibre statique résultant de l'action d'un champ extérieur sur les molécules douées de moments magnétiques et de l'agitation thermique, conclut : « On voit donc quelle est, dans les substances ferromagnétiques, l'importance des actions mutuelles entre les molécules qui seules rendent possible la saturation magnétique encore extrêmement éloignée, pour le même champ extérieur, dans le cas des substances faiblement magnétiques. De ce point de vue se justifie pleinement l'assimilation faite par Pierre Curie de la transition entre le magnétisme faible et le ferroma-

---

(1) Jean Becquerel, *Comptes rendus*, 19 novembre et 3 décembre 1906.

(2) Présentée dans la séance du 10 décembre 1906.

(3) P. Langevin, *Ann. Chim. Phys.*, 8e sér., t. IV, 1905, p. 70 et suivantes.

gnétisme à la transition entre les états gazeux et liquide, où les actions mutuelles jouent un rôle essentiel. »

I. Je me propose, dans cette Note, de montrer que l'on peut fonder une théorie du ferromagnétisme sur une hypothèse extrêmement simple concernant ces actions mutuelles. Je suppose que chaque molécule éprouve de la part de l'ensemble des molécules environnantes une action égale à celle qu'elle éprouverait si elle était placée dans un champ *uniforme* NI proportionnel à l'intensité d'aimantation I et de même direction qu'elle. J'appellerai NI le champ intérieur. Le champ total est la résultante du champ intérieur et du champ extérieur. L'hypothèse de l'uniformité du champ intérieur est suggérée avec force par certaines propriétés de la pyrrhotine. Je supposerai en outre que dans une matière ferromagnétique comme dans un gaz l'énergie cinétique des molécules s'oppose seule à leur orientation ou, en d'autres termes, qu'il n'y a pas d'énergie potentielle de rotation autre que celle dont dérivent les forces déjà mentionnées. Alors, la théorie des gaz magnétiques de M. Langevin continue à s'appliquer. Elle donne

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\operatorname{ch} a}{\operatorname{sh} a} - \frac{1}{a}, \tag{1}$$

où

$$a = \frac{\mu H}{rT}, \tag{2}$$

et μ est le moment magnétique d'une molécule, rT deux fois la force vive correspondant à un degré de liberté d'une molécule, H le champ, I l'intensité d'aimantation, I_0 sa valeur maxima.

S'il n'y a pas de champ extérieur, $H = NI$, et l'équation (2) devient

$$a = \frac{\mu NI}{rT}. \tag{3}$$

Dans la figure 1, la courbe OAB représente l'équation (1), la droite OA l'équation (3). A une température donnée ces deux courbes déterminent une certaine intensité d'aimantation AA'. Le point A représente un état stable, comme on s'en assure en imaginant des déplacements infiniment petits de ce point. AA' est ce que l'on appelle communément l'*intensité d'aimantation à saturation,* à la température T.

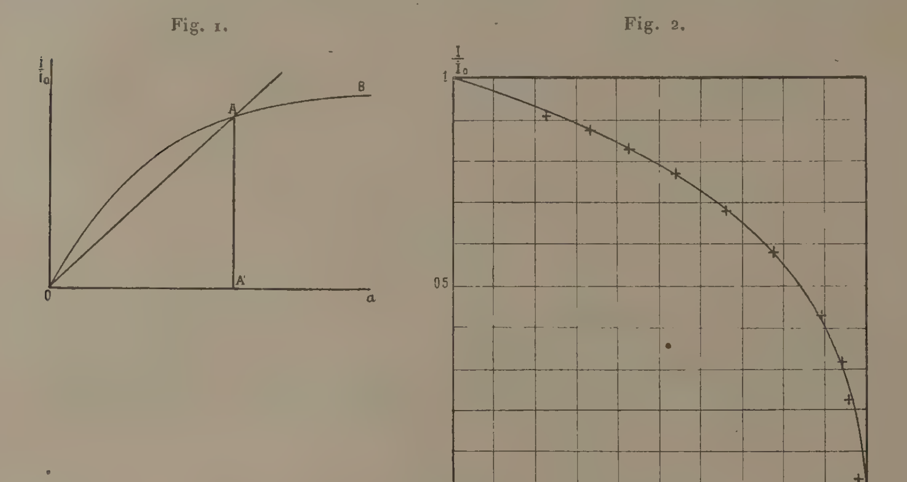
On retrouve donc cette conception de l'intensité d'aimantation à saturation obtenue dans un champ extérieur nul, déjà rencontrée dans l'étude expérimentale de la pyrrhotine, mais s'y produisant spontanément dans

une direction déterminée par l'anisotropie cristalline. Dans les milieux usuels cette saturation est masquée par l'orientation confuse des cristaux. Le champ extérieur est nécessaire, non pour obtenir l'aimantation à saturation, mais pour l'orienter de même dans tous les cristaux et la mettre ainsi en évidence.

Quand T est suffisamment petit le point d'intersection A est réel. Il cesse de l'être pour une certaine valeur θ de la température, qui est celle de la disparition du ferromagnétisme. On peut mettre (3) sous la forme

$$(4) \qquad \frac{T}{\theta} = \frac{3}{a}\frac{I}{I_0},$$

(1) et (4) expriment la relation entre l'intensité d'aimantation I et la température T au moyen de la variable auxiliaire a. On voit que cette loi est



la même pour tous les corps, à la condition de considérer les états correspondants caractérisés par $\frac{T}{\theta}$ et $\frac{I}{I_0}$. Cette relation est représentée par la courbe de la figure 2.

II. A l'expérience appartient de montrer si les corps réels rentrent dans le type imaginé.

La relation trouvée par Pierre Curie entre I et T, dans ses remarquables expériences sur le fer, a une parenté évidente avec celle qu'exprime la figure 2, mais elle s'en distingue nettement par une variation relativement moindre de l'aimantation aux basses

températures. La raison en est que le champ relativement faible de 1300 gauss qu'il a employé n'est pas suffisant pour mettre la saturation en évidence aux basses températures.

Pour de nouvelles expériences thermomagnétiques devenues nécessaires, je me suis adressé à la magnétite, dont une étude antérieure m'avait appris qu'elle est sensiblement saturée à 500 gauss et dont la température de disparition du ferromagnétisme, égale à 587°, est aisément accessible.

Les points donnés par l'expérience, faite dans un champ de 8300 gauss, ont été marqués dans la même figure que la courbe théorique. L'échelle à laquelle ces observations ont été représentées a été déterminée, pour les abscisses, de façon à faire coïncider les températures de disparition du ferromagnétisme théorique et expérimentale. L'échelle des ordonnées a été choisie de manière à placer sur la courbe théorique le deuxième point, correspondant à la température ordinaire.

On voit que le premier point seul, correspondant à la température de la neige carbonique, s'écarte un peu de la courbe. La vérification de la théorie est donc tout à fait satisfaisante.

ÉLECTRICITÉ. — *Charge negative à distance d'une plaque métallique éclairée dans un champ électrique.* Note de Mme Baudeuf, présentée par M. J. Violle.

Dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 895), j'ai indiqué les conditions dans lesquelles on peut produire la charge positive à distance d'une plaque éclairée. La présente Note a pour but de faire connaître un phénomène très analogue, la charge négative à distance d'une plaque métallique. Cette plaque, soigneusement isolée, est placée dans un champ électrique de direction convenable et *fourni par une autre plaque éclairée*. Elle peut prendre une charge négative même lorsqu'elle est frappée par les rayons ultra-violets; cette charge peut s'élever à plusieurs centaines de volts si le champ est suffisant. Elle se produit graduellement comme la charge positive, c'est-à-dire que la vitesse de charge, d'abord grande, décroît peu à peu, et finit par devenir nulle lorsque la plaque a acquis un certain potentiel, maximum en valeur absolue, qui est ensuite conservé tant que les conditions de l'expérience demeurent les mêmes.

Ce potentiel maximum est, comme dans le cas de la charge positive, toujours notablement inférieur en valeur absolue à celui de la plaque agis-

sante, et il dépend d'ailleurs de conditions expérimentales analogues. Cette charge se produit sous l'influence des mêmes radiations que la charge positive, mais ici c'est l'éclairement de la plaque agissante P_a qui est seul nécessaire, tandis que celui de la plaque réceptrice P_r est indifférent. Si, entre P_a et P_r, on interpose un écran de verre épais ou de paraffine, la charge négative cesse de se produire. Cependant, si P_r est déjà chargée négativement, bien que le champ produit par P_a n'ait plus la propriété de produire la charge dans ces conditions, il suffit pour empêcher la décharge qui tend à se produire sous l'influence des rayons ultra-violets.

La nécessité absolue d'un champ électrique pour la production de la charge positive a été mise précédemment en évidence. Nous retrouvons cette même nécessité d'un champ convenable dans le cas de la charge négative. Bien plus, en l'absence de tout champ électrique, si l'on place la plaque à l'intérieur d'une cage métallique, maintenue au même potentiel, le phénomène de décharge négative sous l'influence de la lumière ultra-violette ne se produit plus.

Dans ce phénomène, on retrouve des faux équilibres. Les deux plaques étant dans des conditions données de distance et d'éclairement, il existe, pour un potentiel V_a de la plaque agissante, un potentiel V', inférieur en valeur absolue à V_a, tel que, si la plaque réceptrice a un potentiel V_r, inférieur en valeur absolue à V', la charge négative se produit, que P_r soit éclairé ou non, tandis que, pour toutes les valeurs supérieures de V_r, P_r ne se charge pas. Dans ce dernier cas, si la plaque P_r n'est pas éclairée, V_r garde sa valeur; si elle est éclairée, elle se décharge jusqu'à ce que cette valeur limite V' soit atteinte.

Les phénomènes qui se passent autour d'une plaque isolée chargée négativement sont, comme on peut le prévoir, assez différents de ceux qui se produisent autour d'une plaque positive isolée.

Si P_a, au lieu d'être maintenue à un potentiel constant, est isolée après avoir été portée à un potentiel négatif donné, elle perd sa charge négative sous l'influence des rayons ultra-violets, et P_r acquiert une charge qu'elle garde, si elle n'est pas éclairée; si P_r reçoit les rayons ultra-violets, sa charge négative croît, passe par un maximum, pour décroître ensuite, de sorte qu'au bout de quelques minutes les deux plaques sont revenues à l'état naturel. On peut enfin remarquer que si, pendant la charge négative de P_r, on arrête la décharge de P_a en interposant entre la source lumineuse et P_a un écran opaque pour les rayons ultra-violets, la charge de P_r est arrêtée; elle ne reprend que si l'on supprime l'écran.

Les deux phénomènes de charge positive et de charge négative sont régis par une loi générale unique :

Lorsque deux plaques métalliques de nature et d'état convenables sont portées à des potentiels différents, créant entre elles un champ électrique suffi-

samment intense, certaines lumières ultra-violettes, éclairant la plaque dont le potentiel est le moins élevé, font varier l'état électrique des deux plaques; elles diminuent le champ jusqu'à une valeur finale qui dépend des conditions de l'expérience, et qui est ensuite conservée tant que ces conditions demeurent les mêmes.

Cette loi est d'ailleurs conforme au rôle général de la lumière qui tend à détruire ou à atténuer les faux équilibres.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cryoscopie des solutions de colloïde hydrochloroferrique.* Note de MM. **G. Malfitano** et **L. Michel**, présentée par M. E. Roux.

On a cherché à déterminer, par la méthode cryoscopique, la valeur de masse des particules des colloïdes en général, et de l'hydrate ferrique en particulier (Sabajéneff, Nicolardot). L'abaissement du point de congélation observé dans ces cas est toujours très faible, ce qui peut être expliqué en attribuant à la masse de ces particules des valeurs considérables. Mais faudrait-il encore, pour donner à ces résultats une signification, s'assurer : 1° du point de congélation du liquide intermicellaire, lequel n'est jamais de l'eau pure; 2° du lien entre l'abaissement observé et la concentration en micelles. La technique de la filtration du colloïde hydrochloroferrique au travers des parois en collodion nous a fourni le moyen d'expérimenter dans ces conditions, car elle permet de séparer les particules colloïdales de leur milieu pratiquement inaltéré, et par là même de concentrer la matière colloïdale dans un liquide de composition déterminée.

Nous avons donc pu déterminer le point de congélation d'une solution colloïdale et comparativement celui de son liquide intermicellaire; par différence on devrait ainsi obtenir la valeur Δ attribuable aux micelles. Or, dans toutes nos expériences, cette valeur n'est pas seulement très faible mais tout à fait incertaine, car elle peut être exprimée par des chiffres tantôt positifs, tantôt négatifs.

De plus, les valeurs Δ que l'on trouve pour des liqueurs contenant dans le même liquide intermicellaire des quantités croissantes de matière colloïdale ne paraissent aucunement liées à la concentration en micelles.

Des solutions de $FeCl^3$ à 5 pour 1000 : $\Delta = 0°,200$, $K = 8,5 \times 10^{-3}$, après avoir été chauffées à 115°-120° pendant 15 minutes, deviennent fortement opalescentes et colorées en rouge sombre : $\Delta = 0°,320$; $K = 25 \times 10^{-3}$.

Dans le liquide optiquement vide que l'on obtient par filtration au collodion

$$\Delta = 0^{\circ},310; \qquad K = 25 \times 10^{-3}.$$

Avec le temps, ce liquide laissé à la température du laboratoire subit des modifications qui se traduisent par des changements dans le point de congélation et la conductibilité : $\Delta = 0^{\circ},270$; $K = 21,6 \times 10^{-3}$.

Dans le liquide que l'on filtre à ce moment : $\Delta = 0^{\circ},280$; $K = 22,6 \times 10^{-3}$.

Nous avons ainsi des solutions contenant au litre environ (en atomes-grammes $\times 10^{-3}$) $\frac{Fe}{10^3}$ 12-13, $\frac{Cl}{10^3}$ 89-90 sous forme de $FeCl^3$ et HCl; et en plus $\frac{Fe}{10^3}$ 26-27, $\frac{Cl}{10^3}$ 3-4 sous forme colloïdale dont l'abaissement cryoscopique ainsi que la conductibilité doivent être attribués en entier à leur teneur en électrolytes. La différence que l'on pourrait attribuer à la matière colloïdale est une valeur incertaine tantôt positive, tantôt négative, à la limite en tous cas des causes d'erreurs.

Une solution pareille a été réduite par expulsion du liquide intermicellaire à $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$ de son volume primitif. Les liqueurs ainsi obtenues mesuraient respectivement

$\Delta =$	$0^{\circ},250$	$0^{\circ},255$	$0^{\circ},250$	$0^{\circ},240$	$0^{\circ},240$	$0^{\circ},245$
$\frac{K}{10^3} =$	17	15,5	14,5	14	13,7	13,5

Dans ces liquides où la teneur en électrolytes est à peu près constante, et celle en colloïde va en augmentant, les valeurs de l'abaissement cryoscopique et de la conductibilité électrique que l'on doit attribuer à la matière colloïdale sont nettement des chiffres négatifs.

Dans l'échantillon réduit au $\frac{1}{100}$ de son volume primitif, où la quantité de colloïde représente une teneur au litre de $\frac{Fe}{10^3}$ 2600, $\frac{Cl}{10^3}$ 350, l'abaissement cryoscopique est de $0^{\circ},035$ et la conductibilité de $8,5 \times 10^{-3}$ inférieure aux valeurs obtenues avec le liquide intermicellaire.

En partant d'une solution de colloïde hydrochloroferrique analogue qui, après avoir été réduite à $\frac{1}{10}$ de son volume, a été lavée par filtrations successives avec de l'eau pure ($K < 1 \times 10^{-6}$), on a obtenu une solution colloïdale très stable contenant au litre $\frac{Fe}{10^3}$ 220, $\frac{Cl}{10^3}$ 33,8, $\Delta = 0^{\circ},010$, $K = 319 \times 10^{-6}$. Cette liqueur donne par filtration une solution pure de HCl d'un titre inférieur à $\frac{N}{1000}$ et pour laquelle on trouve un abaissement inférieur à $0^{\circ},010$. Pour aussi faible qu'il soit, l'abaissement attribuable à la matière colloïdale devrait augmenter avec la concentration. Par contre, si en expulsant le liquide intermicellaire par filtration sous pression on réduit cette liqueur à $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$ du volume primitif, on trouve respectivement

$\Delta =$	$0^{\circ},005$	$0^{\circ},010$	$0^{\circ},005$
$\frac{K}{10^6} =$	305	371	575

Dans l'échantillon réduit au $\frac{1}{10}$, nous avons affaire à une liqueur très dense contenant au litre environ $\frac{Fe}{10^3}$ 2300, $\frac{Cl}{10^3}$ 330 qui, vis-à-vis de son liquide intermicellaire, manifestait une pression osmotique équivalente à 2^m d'eau et une conductibilité électrique presque double; son abaissement cryoscopique est cependant pratiquement nul. Il est intéressant de faire remarquer que, si la quantité de Cl qui entre dans la composition de ce colloïde était totalement dissociée, sa concentration étant à peu près $\frac{N}{3}$, l'abaissement devrait être voisin de $\Delta = 0°,600$. Il faut donc conclure que non seulement le fer, mais aussi le chlore ne peuvent se trouver qu'en proportions tout à fait minimes à l'état de dissociation électrolytique.

Ces résultats prouvent : 1° que la méthode cryoscopique ne peut servir à déterminer la masse des micelles, au moins pour le colloïde hydrochloroferrique ; 2° que la présence des micelles doit déterminer des modifications dans l'état d'ionisation des électrolytes du liquide intermicellaire ; 3° enfin, et c'est là l'intérêt principal de ces recherches, que la quantité d'ions en rapport avec les micelles et qui la suivent quand on l'élimine, doit être extrêmement faible, car elle échappe aux mesures cryoscopiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le poids atomique absolu du dysprosium.* Note (1) de M. **Gustave-D. Hinrichs.**

M. G. Urbain vient de publier les résultats de ses déterminations du poids atomique du dysprosium (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 1906, p. 598), et il a pris le soin d'indiquer le degré de pureté des produits qu'il a employés. Cette circonstance donne, en ce qui concerne la question des poids *atomiques absolus*, plus d'importance encore au nouveau travail de M. Urbain qu'à son travail sur le poids atomique du terbium que j'ai déjà analysé (*Comptes rendus*, t. CXLII, 1906, p. 1196).

M. Urbain présente *deux séries* de déterminations : la *première* se rapporte à ses traitements de nitrates, la *seconde* à ses traitements d'éthylsulfates. La première ne donne qu'une « *première approximation* » pour « *nous assurer de la constance des poids atomiques des terres rares de notre fractionnement* » tandis que « *les terres qui ont servi* » dans la deuxième série de mesures « *étaient plus pures que les précédentes. En particulier, la fraction* 9 *donnait un oxyde presque rigoureusement blanc* » (*loc. cit.*, p. 599).

Dans ses calculs, M. Urbain a adopté $H = 1,007$ et $S = 32,06$ (*loc. cit.*, p. 600),

(1) Reçue dans la séance du 29 novembre.

valeurs erronées, ainsi que je l'ai démontré ici-même, depuis 1892. Donc toutes ses valeurs calculées sont par cela même erronées. Il en résulte que ces valeurs calculées sont en désaccord avec les indications de pureté données par M. Urbain. Les moyennes et les variations dans les deux séries sont presque identiques et rien ne ressort du fait chimique essentiel que la fraction 9 est la plus pure de toutes. Ceci démontre, étant donnée l'habileté de ce chimiste, l'inexactitude des méthodes de calcul et des valeurs fondamentales qu'il a adoptées.

Appliquons maintenant, aux résultats d'expérience de M. Urbain, notre méthode de calcul absolu, ainsi que nous l'avons déjà fait pour ses belles déterminations de poids atomique du terbium.

M. Urbain a pesé le sulfate cristallisé et le résidu que laisse ce sel après calcination. Pour $Dy = 162,5$ exactement, le poids atomique du sulfate cristallisé $Dy^2(SO^4)^3 + 8H^2O$ est 757 et le poids atomique de l'oxyde Dy^2O^3 est 373 exactement; pour les valeurs absolues, $H = 1$ et $S = 32$ exactement.

Le *rapport atomique* est donc $\frac{\text{oxyde}}{\text{sulfate}} = \frac{373}{757} = 0,49\,273$; les analyses de M. Urbain nous donnent les *excès analytiques* [1] suivants:

		Résultats d'expérience (G. Urbain). Poids en grammes.		*Calcul des résultats d'expérience* (G.-D. Hinrichs).	
Séries.	Fractions.	Sulfate.	Oxyde.	Rapport analytique.	Excès analytique.
I	35 I....	1,6965 [2]	0,8359	0,49 269	— 4
	35 II....	2,0926	1,0301	226	—47
	38 I....	1,8415	0,9069	248	—25
	38 II....	1,5519	0,7649	288	+15
	41 I....	2,4955	1,2296	273	0
	41 II....	1,8130	0,8927	239	—34
II	9 I....	1,8817	0,9271	0,49 269	— 4
	9 II....	1,1164	0,5500	266	— 7
	8 I....	1,7308	0,8528	272	— 1
	8 II....	2,6038	1,2820	236	—37
	7 I....	1,6942	0,8346	262	—11
	7 II....	2,1776	1,0726	256	—17

(1) L'*excès analytique* est l'excès des rapports analytiques sur le rapport atomique, exprimé en unités de la cinquième décimale.

(2) Les *Comptes rendus* (*loc. cit.*, p. 599) donnent la valeur 1,1966. Il y a certainement là une erreur typographique. En partant de la valeur trouvée pour l'oxyde, on trouve pour le sulfate la valeur 1,6965. La valeur trouvée était donc bien 1,6966 qui s'accorde avec la valeur calculée jusqu'au dixième de milligramme.

Les excès analytiques sont en parfaite harmonie avec les indications de pureté données par l'éminent analyste.

Pour la première série (terres provenant des nitrates) les variations des deux déterminations faites pour chaque fraction sont :

N° 35	De — 4 à —47	soit 43
» 38	» —25 à +15	» 40
» 41	» 0 à —34	» 34
	En moyenne	39

Pour la deuxième série (terres provenant des éthylsulfates)

N° 9	De — 4 à — 7	soit 3
» 8	» — 1 à —37	» 36
» 7	» —11 à —17	» 6
	En moyenne	15

La *variation* dans la deuxième série est donc inférieure à la moitié de la variation dans la première. De plus, les *valeurs extrêmes* dans la première série sont —47 et +15, ce qui correspond à une variation totale de 62, alors que les valeurs extrêmes sont, dans la deuxième série, —1 et —37, ce qui correspond à une variation totale de 36, valeur légèrement supérieure à la moitié de la variation totale dans la première série.

Il est remarquable que la fraction qui a donné les valeurs les plus précises, c'est-à-dire celle qui présente *les moindres excès analytiques, soit précisément la fraction n° 9 que M. Urbain considère comme la plus pure de toutes.*

Une pareille concordance entre l'expérience et le calcul ne saurait être considérée comme fortuite et il faut en conclure que le poids atomique absolu du dysprosium est 162,5 exactement.

CHIMIE. — *Sur un composé colloïdal du thorium avec de l'uranium.* Note (¹) de M. **Béla Szilard**, présentée par M. Henri Poincaré.

Si l'on précipite un hydrate de thorium avec de l'ammoniac et qu'on le lave très bien avec de l'eau chaude, en mêlant après cela le précipité avec une dissolution d'azotate de l'uranium, le mélange ne subira aucun changement.

(¹) Présentée dans la séance du 3 décembre.

En élevant la température, l'hydrate perd sa couleur blanche et prend une teinte rougeâtre, la dissolution formera un mélange colloïdal avec le précipité.

La présente étude a eu pour objet cette réaction.

Premièrement j'ai essayé de séparer le précipité.

Par filtration on en peut obtenir seulement une très petite partie, il est beaucoup mieux de le centrifuger dans un appareil à 1200 tours par minute. Le précipité ainsi obtenu était séché sans être lavé dans le vide sur l'acide sulfurique, puis le vase était évacué et fermé.

Au bout de quelque temps le corps ainsi préparé se présente sous forme de petites lamelles carmin rougeâtre, brillantes, tout à fait transparentes, même entièrement amorphes sous le microscope.

En voyant cette circonstamce j'ai essayé de préparer autrement le corps.

J'ai trouvé encore deux modes de préparation qui ont démontré que le corps est très bien défini et qu'il est vraiment d'une nature colloïdale.

J'ai employé un vase de fer forgé, muni d'un manomètre à haute tension et d'un thermomètre. Dans l'intérieur de ce vase était placé dans une tasse légèrement couverte le mélange susmentionné. En élevant la température jusqu'à 200° C. et jusqu'à la pression d'au moins 15^{atm}, si la dissolution de l'uranium était assez concentrée, on obtenait dans la tasse un liquide tout à fait clair, renfermant un précipité lourd, rougeâtre, très bien séparable par filtration; le précipité n'est pas lavable à l'eau ni à l'alcool, mais par lavage il passe à l'état de dissolution colloïdale.

Le troisième mode de préparation a enfin déchiffré cette propriété. Si l'on prépare une dissolution de $UO^2(AzO^3)^2$ (d'environ 2 pour 100), si on la fait bouillir en mêlant après cela de temps en temps avec l'hydrate de thorium fraîchement précipité et bien lavé, il ne reste plus qu'un liquide rouge (l'hydrate de thorium lui-même s'est dissous dans le liquide clair). Après cela, on le filtre. La couleur du liquide est rouge brillant, il est très concentré, un peu fluorescent, jamais opalescent. Sa teinte est très semblable à celle de l'érythrosine en solution alcoolique concentrée.

Il est intéressant de noter que cette teinte n'augmente pas son intensité en augmentant la quantité relative de l'uranium. Au contraire, en augmentant la quantité de thorium, la couleur devient d'une intensité plus grande. Cette circonstance semble corroborer l'hypothèse que le corps est un composé.

En neutralisant l'excès d'acide avec de l'ammoniac, la réaction n'a aucun retard. Et, en principe, *la dissolution colloïdale d'hydrate de thorium*

préparée avec de l'azotate de thorium n'a aucune réaction analogue avec de l'azotate d'uranium.

La dissolution avec de l'uranium ainsi mêlée, au bout de 4 heures d'ébullition, n'a aucune teinte rougeâtre. Alors la présence de $Th(AzO^3)^4$ ne peut pas avantageusement influencer la réaction, son rôle est plutôt contraire.

Au lieu de l'azotate d'uranium, on peut aussi bien appliquer le chlorure (UO^2Cl^2), la dissolution ainsi faite n'a pas la même couleur que celle faite avec de l'azotate; elle est un peu jaunâtre rouge.

Pour préparer le composé on peut appliquer aussi l'acétate d'uranium, mais la réaction se fait très lentement, avec du sulfate encore plus lentement.

La dissolution mêlée avec de l'alcool représente une dissolution très claire et stable. Sur la dissolution faite avec de l'eau, le permanganate de potasse n'a aucune action.

Il ne faut pas dessécher le composé en employant une température supérieure à 25° C., parce qu'il se décompose de plus en plus.

Au contraire, le corps une fois séché est très stable, ne se décompose plus, ni par la chaleur, ni par la lumière. Il se dissout sans se décomposer dans l'eau chaude et, dans des acides dilués, il forme les sels correspondants.

En chauffant il perd sa couleur rouge et devient presque noir d'une teinte brillante. Il forme enfin une masse vitreuse, très lourde.

Son poids spécifique est, suivant le mode de préparation : 4,82, 5,45 à 18°,2 C.

Quand le sel ne perdait plus d'eau dans le vide sec, il était soumis aux analyses. 100 parties contenant, suivant le mode de préparation :

Th	72-74	pour 100
U	4- 5,5	»
H^2O	12-13	»
O	10-11	»

Le corps régulièrement préparé, jeté dans l'eau, se brise en petits morceaux, en produisant cependant un sifflement aigu et dégageant un gaz jusqu'ici non déterminé.

Le corps ainsi obtenu puis desséché n'a déjà plus la même propriété.

D'après mes expériences le thorium n'est pas le seul corps qui donne avec des sels d'uranium des composés colloïdaux. Le zirconium et quelques autres ont la même propriété.

CHIMIE. — *Action des silicates alcalins sur les sels métalliques solubles.* Note de M. **Robert Dollfus**, présentée par M. Gaston Bonnier.

A propos de la récente Note de M. Stéphane Leduc, sur la culture de la cellule artificielle de Traube, il me semble intéressant de faire connaître les résultats de quelques expériences que j'ai faites il y a plusieurs années sur l'action réciproque des sels métalliques solubles et des silicates alcalins.

Dans ces expériences, d'ailleurs très faciles à réaliser, j'ai fait réagir en plusieurs cas d'autres substances que celles employées par Traube, en 1865 et 1867, dans ses expériences classiques (¹).

Dans une solution de silicate de soude ou de potasse, je projette un petit cristal de sulfate ferreux par exemple, peu à peu je vois s'élever de ce cristal une colonne creuse constituée extérieurement de silicate ferreux et intérieurement de solution de sulfate ferreux, cette traînée de solution se ramifie et présente en tous points l'aspect des végétaux artificiels de Traube, de ceux présentés par M. Leduc, tant au point de vue de sa naissance que de son évolution et de sa reconstitution.

Examiné de près, le mécanisme du phénomène est le suivant : le cristal, étant soluble dans l'eau qui a dissous le silicate de sodium, commence par se dissoudre comme s'il était seul, cette solution tend à se répandre dans le liquide ambiant, mais alors intervient l'action chimique énergique du silicate de sodium. Il se forme une enveloppe de silicate ferreux qui laisse pénétrer l'eau, mais qui empêche la diffusion de la solution de sulfate ferreux; celle-ci, en raison de sa densité moindre et de la force osmotique qui l'aide, tend à s'élever; elle est favorisée par l'ascension de petites bulles d'air qui adhéraient au cristal lorsqu'on l'a projeté dans la solution de silicate ; celles-ci entraînent derrière elles, en gagnant la surface libre du liquide, la solution de sulfate ferreux qui continue à se former; la partie du sulfate ferreux en contact avec le silicate se transforme en silicate ferreux à la suite de la bulle d'air.

(¹) Traube, *Centralblatt für medicin. Wissenschaft*, 1865. — *Experimente zur Theorie der Zellbildung und Endosmose* (*Archiv. für Anatomie, Physiologie und Wiss. Medicin.*, von Reichert und Dubois-Reymond, 1867, p. 87).

Cette croissance est donc due à l'effet de trois causes : 1° une force osmotique, 2° une différence de densité, 3° un entraînement mécanique par la bulle d'air; cette dernière paraissant jouer un rôle important. La résultante de ces actions peut arriver à équilibrer l'action de la pesanteur, on voit le cristal projeté dans le silicate ne pas descendre jusqu'au fond du tube d'expérience. On peut souvent, en frappant légèrement le support de ce tube, accélérer le phénomène,

Lorsqu'il n'y a pas de bulle d'air, l'ascension est plus difficile, les traînées sont plus fragiles ou bien il y a seulement grossissement d'une sorte de poche, selon la viscosité du liquide environnant. Lorsque la traînée a atteint la surface libre, le sulfate ferreux s'étale et continue à se transformer en silicate ferreux au contact des deux solutions.

Le phénomène est très général, il se produit avec de nombreux sels métalliques; j'ai obtenu de fort bons résultats avec chlorure de manganèse, azotate d'uranium, azotate de cobalt, sulfate de cuivre, sulfate de nickel, etc., dans des dissolutions de silicates de potassium ou de sodium de viscosités très variées. Il est donc inutile de prendre les précautions dont s'est entouré M. Leduc en ajoutant du chlorure de sodium à sa solution de gélatine et de ferrocyanure, et du sucre à son sulfate de cuivre.

En supprimant le sucre, on obtient de très bonnes expériences. Un milieu absolument inorganique suffit, on peut même supprimer le chlorure de sodium en même temps que le sucre.

Les résultats sont toujours comparables entre eux; pour les expliquer il n'est pas nécessaire de faire appel à des phénomènes de nutrition ni de croissance, car il n'y a ni assimilation, ni augmentation de la quantité de substance initiale, pas d'appareil circulatoire ni de différentiation, le composé chimique formé est le même en tous points, et le phénomène cesse lorsque la réaction s'arrête.

Selon les différences locales de température et la non homogénéité de la solution, ces formations peuvent affecter les formes les plus diverses et les plus contournées.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les composés définis formés par le chrome et le bore.* Note de M. **Binet du Jassonneix**, présentée par M. H. Moissan.

La réduction de l'oxyde de chrome par le bore au four électrique dans des creusets de magnésie permet d'obtenir des fontes contenant de 5 à 17 pour 100 de bore combiné au chrome [1]; une étude systématique de leurs propriétés a été faite dans le but de distinguer et d'isoler des composés définis qu'elles pouvaient contenir.

---

[1] Binet du Jassonneix, *Comptes rendus*, t. CXLIII, 1906, p. 897.

Des échantillons présentant respectivement des teneurs en bore de 4,9, 6,1, 6,8, 7, 7,8, 10,3, 10,7, 10,9 et 11,6 ont été soumis, après porphyrisation, à des traitements par l'acide chlorhydrique dilué. L'attaque se poursuit jusqu'à dissolution complète et l'on constate, au cours de celle-ci, que le résidu contient moins de bore que la fonte initiale. Ces fontes ne sont donc pas homogènes : l'examen au microscope d'une surface polie montre qu'elles sont constituées par deux milieux différents; l'un d'eux, qui présente une teinte plus foncée que l'autre, relativement rare dans la fonte à 4,9 pour 100, devient prédominant dans la fonte à 10,7. Il forme des cristaux microscopiques dans la fonte à 6,1, de plus en plus grands dans les fontes à 7 et 10,7, auxquelles il donne une structure feuilletée que des plans de clivage accusent extérieurement. Un polissage-attaque à l'acide chlorhydrique dilué montre qu'il est plus attaquable que le second milieu, de couleur plus claire, non cristallin, et qui lui sert de ciment. La fonte à 11,6 est presque homogène. L'action du gaz chlorhydrique au-dessous du rouge sombre est inverse de celle de la solution; le résidu de l'attaque des fontes porphyrisées est plus riche en bore que le produit dont on est parti. Les cristaux précédents sont isolés de leur ciment et les fontes, dont la teneur dépasse 7 pour 100, laissent un résidu de composition fixe.

Plusieurs analyses effectuées par la méthode indiquée dans une Note précédente, sur les produits provenant de diverses préparations, ont donné les résultats suivants :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Théorie pour Cr^3B^2.
Bo pour 100...	11,9	12,1	12,2	12,2	12,4	12,6	12,3
Cr pour 100...	87,3	87,4	87,7	87,5	»	87,2	87,7

Ces produits ont été refondus dans une nacelle de magnésie au four électrique à tube; l'homogénéité du lingot obtenu et la fixité de sa composition, après plusieurs attaques partielles, ont confirmé l'existence d'un composé défini répondant à la formule Cr^3B^2.

Propriétés du borure Cr^3B^2. — Sa densité est de 6,7 à 15°. Chauffé légèrement, il brûle dans le fluor. Le chlore l'attaque avec incandescence au-dessous du rouge sombre et le gaz chlorhydrique sans incandescence au rouge naissant. L'action du brome est beaucoup moins vive et celle de la vapeur d'iode tout à fait superficielle au rouge. Il se recouvre dans l'air ou l'oxygène, à haute température, d'une légère couche vitreuse de borate. Le soufre à l'ébullition l'attaque sans incandescence; après distillation de l'excès du métalloïde, il reste une poudre d'un noir marron formée de sulfure de bore que l'eau attaque vivement avec dégagement d'hydrogène sulfuré, et d'un mélange de

sulfures de chrome attaquables par l'acide azotique et de borure inaltéré. L'azote est sans action sur lui au rouge blanc. Les acides fluorhydrique, chlorhydrique et sulfurique concentrés ou étendus le dissolvent entièrement à chaud. L'acide azotique et les solutions alcalines ne l'attaquent pas. Il est oxydé avec incandescence par les alcalis ou les carbonates alcalins fondus.

Les fontes de chrome dont la teneur en bore dépasse 12 pour 100 perdent tout aspect cristallin. L'examen des surfaces polies montre que l'homogénéité atteinte au voisinage de 11 pour 100 disparaît dans un milieu teinté de gris, d'abord prédominant; on voit apparaître un second milieu plus blanc, qui augmente avec la teneur en bore et dans lequel se remarquent des inclusions de plus en plus nombreuses de borure de carbone noir.

L'action de l'acide chlorhydrique étendu ou du gaz chlorhydrique au-dessous du rouge laisse des résidus contenant un peu plus de bore que le produit initial, sans présenter une composition constante; au voisinage d'une teneur de 16 pour 100, le premier milieu disparaît presque complètement et ne forme plus que les joints entre les grains du second. Un traitement par le gaz chlorhydrique ou le chlore au-dessous du rouge permet alors d'obtenir à l'état de pureté le composé de saturation CrB. Lorsque l'on essaie de dépasser cette teneur par des essais de fusion avec un excès de bore au four électrique, il se produit seulement du borure de carbone qui se dissout dans la fonte en quantité notable.

Plusieurs préparations ont donné les résultats suivants, déduction faite du léger résidu de borure de carbone séparé après dissolution de la prise d'essai dans l'acide chlorhydrique :

	I.	II.	III.	IV.	Théorie pour CrB.
Bore pour 100.....	17,3	17,2	16,9	17,1	17,4
Chrome pour 100..	82,5	82,5	82,8	82,4	82,6

Propriétés du borure CrB. — Sa densité est de 6,1 à 15°. Ses propriétés chimiques sont très voisines de celles du borure Cr^3B^2; mais, en général, il est plus facilement attaquable. Il prend feu à froid dans le fluor; le soufre à l'ébullition le transforme complètement en sulfure de bore et sulfures de chrome. Dans l'azote au rouge blanc, il se transforme superficiellement en foisonnant en une masse d'un noir grisâtre qui dégage de l'ammoniac sous l'action de la potasse fondue. Enfin, il est attaqué à froid par les acides fluorhydrique, chlorhydrique et sulfurique, même étendus.

En résumé les fontes de chrome borées contiennent deux composés définis Cr^3B^2 et CrB qui se dissolvent respectivement dans un milieu moins riche en bore et qui ne peuvent être isolés à l'état de pureté que dans les fontes à peu près homogènes dont la composition est voisine de la leur.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les protoxydes anhydres des métaux alcalins.* Note de M. E. RENGADE, présentée par M. H. Moissan.

En appliquant au rubidium, au potassium et au sodium la méthode qui m'avait permis d'obtenir le protoxyde de cæsium [1], j'ai préparé les protoxydes de ces métaux, que l'on n'avait pu jusqu'à présent avoir à l'état de pureté. Le dispositif employé était le même que précédemment, le tube à robinet étant cependant remplacé par un tube en verre scellé, afin d'assurer le maintien du vide absolu pendant le temps, parfois assez long, nécessaire pour terminer la distillation du métal.

Les expériences qui vont suivre ont été effectuées avec de l'oxygène séché avec soin, sans cependant s'astreindre à éliminer les dernières traces d'eau.

Rubidium. — L'oxygène réagit sur ce métal dès la température ordinaire. En ne faisant arriver le gaz que lentement, on voit le rubidium fondre en un liquide dont la teinte passe progressivement au rouge mordoré sans perdre son éclat métallique. Pour de très petites quantités d'oxygène absorbées, ce liquide ne se solidifie plus à la température ordinaire. Si l'oxydation est poussée un peu plus loin, il se forme par refroidissement de gros cristaux mordorés nageant dans un liquide de même couleur. En chauffant la partie du tube contenant la nacelle après avoir fait le vide à la trompe à mercure, on distille peu à peu le métal en excès. Il ne reste bientôt plus dans la nacelle qu'une masse rouge à aspect métallique qui fait place, si la température est assez élevée, à une matière boursouflée présentant par endroits de petits cristaux peu nets, d'une couleur jaune d'or à chaud, jaune pâle à la température ordinaire.

C'est du protoxyde de rubidium Rb^2O ainsi que le montre le dosage du métal : trouvé, 91,34 pour 100 au lieu de 91,45. Il faut, pour arriver à volatiliser les dernières traces de rubidium, maintenir la nacelle pendant plusieurs jours à 250° environ.

Potassium. — Le potassium se comporte d'une manière différente. Le métal, au moins lorsqu'il a été fondu dans un courant d'anhydride carbonique, même bien desséché, ne se combine pas à froid à l'oxygène sous de faibles pressions. Il faut chauffer un peu pour voir se former sur le métal fondu un voile noir, puis grisâtre, tandis que l'oxygène est absorbé lentement. Si l'on chauffe plus fort, le voile se déchire en un point, le métal apparaît brillant et grimpe instantanément sur les bords de la nacelle en absorbant intégralement l'oxygène, et formant des arborescences volumineuses d'un blanc d'argent, en même temps qu'une partie se volatilise. Le contenu de la nacelle,

---

[1] *Comptes rendus,* t. CXLIII, 1906, p. 592.

après refroidissement, est blanc d'argent, mais d'aspect hétérogène : on distingue une masse mamelonnée noyée dans un excès de métal solidifié.

En portant la nacelle à 250°, l'excès de potassium distille, et l'on obtient finalement un oxyde blanc grisâtre, cristallisé confusément, qui est le protoxyde de potassium K^2O (trouvé : K pour 100, 82,78 et 82,91 au lieu de 82,98; O pour 100, 16,82 au lieu de 17,02).

Sodium. — Le sodium s'oxyde moins facilement encore que le potassium. Une fois l'oxydation commencée, si l'on évite une introduction d'oxygène trop rapide qui produirait une incandescence, le métal foisonne et se couvre d'efflorescences blanchâtres. La distillation dans le vide du sodium en excès est assez lente et demande plusieurs jours de chauffe à 260°-280° : il reste une masse blanche, légère, d'apparence amorphe, qui répond bien à la composition du protoxyde Na^2O (Trouvé : O pour 100, 25,36; Na 74,50; calculé : O 25,80; Na 74,20).

Ainsi l'oxydation incomplète des métaux alcalins, suivie de la distillation dans le vide de l'excès de métal, permet de préparer à l'état de pureté les protoxydes anhydres Cs^2O, Rb^2O, K^2O, Na^2O. Mais, tandis que le protoxyde de cæsium s'obtient très facilement en cristaux très nets, on n'observe qu'une cristallisation confuse avec le rubidium et le potassium, et une matière d'apparence amorphe avec le sodium.

Cela peut s'expliquer en admettant que l'oxyde formé est insoluble ou peu soluble dans l'excès de métal, ce qui semble bien correspondre aux faits observés avec le potassium et le sodium. On peut aussi se demander s'il ne se fait pas tout d'abord un sous-oxyde qui se décomposerait dans la suite en laissant distiller une partie du métal; cette interprétation s'accorderait mieux avec les phénomènes présentés par le rubidium. Il pourrait du reste aussi bien se faire des sous-oxydes avec les autres métaux alcalins, et je rappelle que M. de Forcrand (¹) a préparé avec le sodium un corps répondant sensiblement à la formule Na^3O. On devrait pouvoir obtenir ces sous-oxydes en opérant la distillation du métal en excès, dans le vide, à une température assez basse pour éviter leur dissociation. La lenteur avec laquelle se subliment dans ces conditions les métaux alcalins ne m'a pas jusqu'ici permis d'avoir des résultats suffisamment nets.

(¹) DE FORCRAND, *Comptes rendus*, t. CXXVII, 1898, p. 364.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques sulfates de vanadium tétravalent.* Note de M. **Gustave Gain**, présentée par M. A. Ditte.

En dissolvant du V^2O^5 dans de l'acide sulfurique plus ou moins concentré, puis en réduisant ensuite ces solutions par SO^2 et en les faisant évaporer à des températures plus ou moins hautes, MM. Koppel et Behrendt ont pu obtenir ainsi un certain nombre de vanadylsulfates [1]; en suivant un procédé différent, j'ai pu préparer d'autres sulfates appartenant au même groupe.

La matière première employée est la dissolution bleu d'azur obtenue en traitant le mélange de V^2O^3 et de V^2O^4 par une solution saturée de SO^2.

150$^{cm^3}$ environ de cette liqueur sont mis à bouillir avec quelques gouttes d'acide sulfurique. La dissolution perd d'abord du SO^2 en même temps que sa couleur devient de plus en plus foncée; quand apparaissent les premières fumées blanches d'acide sulfurique, elle est portée dans le vide.

Au bout de quelques jours, tout le fond du vase est tapissé d'une couche épaisse de très beaux cristaux de couleur *bleu d'azur,* très difficiles à arracher. Ces cristaux constituent un premier sulfate qui donne à l'analyse :

					Pour 100.	
Matière...	403					
V^2O^5.....	137	d'où	V^2O^4.....	124,94	31	1
SO^4Ba...	441		SO^3......	151,26	37,53	2,5
H^2O.....		par différence	H^2O.....	126,80	31,46	9
					99,99	

et qui peut être représenté par la formule

$$V^2O^4.2,5SO^3.9H^2O, \quad \text{c'est-à-dire} \quad 2V^2O^4.5SO^3.18H^2O.$$

J'ai obtenu un deuxième sulfate en partant du sulfite

$$2V^2O^4,3SO^2,10H^2O \ (^2)$$

dissous dans l'eau en présence d'acide sulfurique. La liqueur est mise à évaporer sur feu doux jusqu'à consistance sirupeuse et ensuite placée dans le vide. Huit jours après, elle avait déposé en grande abondance de beaux

(1) *Z. anorg. Chem.,* t. XXXV, 1903, p. 154-186.

(2) *Comptes rendus,* t. CXLIII, 2e semestre 1906, p. 823.

cristaux de couleur bleu turquoise, qui, à l'analyse, ont donné les résultats suivants :

Matière.	392				Pour 100.	
V^2O^5...	120	d'où	V^2O^4....	109,44	27,91	1
SO^4Ba..	464		SO^3.....	159,15	40,59	3
H^2O....		par différence	H^2O....	123,41	31,48	10

sulfate auquel on peut attribuer la formule

$$V^2O^4\,3SO^3\,10H^2O \quad \text{ou} \quad 2V^2O^4, 6SO^3, 20H^2O.$$

Enfin, en opérant de la même façon, mais en présence d'un grand excès d'acide sulfurique, j'ai obtenu un troisième sulfate de couleur *bleu vert*, de formule différente, mais aussi bien cristallisé :

Matière.	396				Pour 100.	
V^2O^5...	114	d'où	V^2O^4...	103,96	26,25	1
SO^4Ba..	513		SO^3.....	175,95	44,43	3,5
H^2O....		par différence	H^2O....	116,09	29,31	10
					99,99	

c'est-à-dire

$$V^2O^4\,3,5SO^3\,10H^2O \quad \text{ou} \quad 2V^2O^4, 7SO^3, 20H^2O.$$

L'acide hypovanadique hydraté, rose, $V^2O^4, 2H^2O$ (1), dissous dans l'eau en présence d'acide sulfurique d'abord en petite quantité, puis ensuite en excès, nous conduit, lui aussi, à deux nouveaux vanadylsulfates.

Les liqueurs, qui sont d'un bleu d'azur, très limpides et très claires, sont d'abord évaporées jusqu'à consistance sirupeuse, puis, après refroidissement, placées dans le vide.

Au bout de quelques jours elles déposent des poudres microcristallines de couleur *bleu clair*, la deuxième étant plus claire encore que la première.

Leur composition nous est donnée par les analyses ci-dessous :

1° Matière.	207				Pour 100.	
V^2O^5...	52	d'où	V^2O^4...	47,42	22,91	1
SO^4Ba..	301		SO^3.....	103,24	49,87	4,5
H^2O...		par différence	H^2O....	56,34	27,21	10,9
					99,99	

$$V^2O^4\,4,5SO^3\,11H^2O \quad \text{ou} \quad 2V^2O^4, 9SO^3, 22H^2O.$$

(1) *Comptes rendus*, t. CXLIII, 1906, 2e semestre, p. 823.

Pour le deuxième :

					Pour 100.	
Matière.	272					
V^2O^5...	68	d'où	V^2O^4...	56,61	20,81	1
SO^4Ba..	405		SO^3.....	138,91	51,07	5
H^2O....		par différence	H^2O....	76,48	28,11	12
					99,99	

auquel on peut attribuer la formule

$$V^2O^4 5\,SO^3\,12\,H^2O \quad \text{ou} \quad 2\,V^2O^4, 10\,SO^3, 24\,H^2O.$$

Ces deux sulfates, si riches en acide sulfurique, sont très avides d'eau et doivent, pour cette raison, être conservés à l'abri de l'humidité.

Comme on le voit, nous obtenons ainsi toute une série de sulfates, contenant des quantités d'acide sulfurique de plus en plus grandes qu'il nous est facile de mettre en évidence :

$2\,SO^4(VO) + 3\,SO^4H^2 + 15\,H^2O$ bleu d'azur,
» $+ 4\,SO^4H^2 + 16\,H^2O$ bleu turquoise,
» $+ 5\,SO^4H^2 + 15\,H^2O$ bleu vert,
» $+ 7\,SO^4H^2 + 15\,H^2O$ bleu clair,
» $+ 8\,SO^4H^2 + 16\,H^2O$ bleu très clair.

Ce groupe de sulfates possède des propriétés spéciales tant au point de vue des relations qui existent entre eux tous, qu'au point de vue de la constitution même de chacun d'eux pris isolément. Nous les avons étudiés au point de vue cristallographique et nous en faisons actuellement l'étude thermochimique.

MÉTALLURGIE. — *Sur l'emploi d'aciers spéciaux dans le rivetage.* Note de M. G. Charpy, présentée par M. Alfred Picard.

Dans une Note présentée à l'Académie le 31 juillet 1905, nous indiquions qu'on pouvait exprimer l'influence de l'opération du rivetage sur la qualité du métal des rivets en disant que, suivant l'état initial du métal des rivets, on obtiendra par le rivetage soit une amélioration, soit une détérioration, ou encore que, parmi tous les états sous lesquels l'on peut amener un métal par des traitements thermiques différents, celui qui est produit par le travail du rivetage n'est pas le plus défectueux.

Ce qui précède s'applique principalement à l'acier doux, généralement employé pour la fabrication des rivets; mais on comprend facilement que ces conclusions

peuvent se modifier notablement si l'on considère des métaux de qualités différentes et l'on conçoit, en particulier, la possibilité d'établir une composition d'acier pour laquelle l'opération du rivetage confère automatiquement au métal les qualités les plus avantageuses. On a le plus souvent, en métallurgie, à chercher quel est le traitement thermique qui convient le mieux à un métal de composition donnée, mais on peut aussi se poser le problème inverse et chercher, étant donné un traitement imposé à l'avance par des conditions pratiques, quelle est la composition du métal qui acquerra, par ce traitement, les propriétés les plus avantageuses.

Le traitement thermique d'un acier comprend généralement une trempe et un recuit, la température de cette dernière opération étant principalement variable avec la qualité du métal et les propriétés que l'on cherche à réaliser. Cette température de recuit peut, dans des cas particuliers, être ramenée à la température ordinaire, ce qui revient à dire que l'on pourra supprimer l'opération de recuit et conserver seulement celle de la trempe, ou d'un refroidissement plus ou moins rapide à partir d'une température élevée.

Nous avons étudié différents cas particuliers de ce problème depuis plusieurs années, aux usines Saint-Jacques de Montluçon, sous la direction de M. Léon Lévy, Directeur de la Compagnie Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons, et avons indiqué, dès 1901, plusieurs compositions d'acier au chrome-nickel susceptibles d'acquérir le maximum de leurs propriétés par une trempe non suivie de recuit. Ces aciers ont donné lieu à diverses applications. Ils ont permis, notamment, d'obtenir pour la première fois des blindages cémentés minces et complètement dépourvus de fragilité. Sur l'instigation de M. l'Ingénieur en chef Résal, nous avons étudié leur application à l'obtention de rivets à haute résistance.

En raison de l'importance du problème, nous ne nous sommes pas contenté d'épreuves sommaires et avons présenté au laboratoire des Ponts et Chaussées divers échantillons et assemblages qui ont été soumis à des essais sous des efforts de sens constant et sous des efforts alternatifs; l'étude, poursuivie depuis 1903 par M. l'Ingénieur en chef Mesnager, vient d'être résumée dans un rapport inséré aux *Annales des Ponts et Chaussées*, 3e trimestre 1906.

Après avoir rappelé plus haut les principes qui ont servi de base à cette recherche, nous croyons intéressant, sans entrer dans le détail des expériences dont la compétence universellement reconnue de M. Mesnager suffit à attester la valeur, de signaler les conclusions tirées par cet ingénieur et qui sont les suivantes :

« Il semble donc que l'on puisse, sans aucune précaution spéciale,

employer ces rivets dans les ouvrages en les soumettant à une charge 2,5 fois plus forte que celle que l'on impose aux rivets ordinaires.

» L'intérêt d'une pareille substitution n'échappera à aucun des ingénieurs qui ont eu à étudier des ponts de portée un peu considérable. Ils savent tous combien il est difficile de loger la rivure des assemblages. Il suffit d'examiner ces ouvrages pour voir à quelles solutions disgracieuses la sujétion des rivures actuellement en usage conduit le plus souvent. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur quelques procédés de dosage des nitriles et des carbylamines*. Note de M. H. **Guillemard**, présentée par M. Armand Gautier.

On sait, depuis les anciennes recherches de M. Arm. Gautier, que les cyanures métalliques, en réagissant sur les différents agents d'alcoylation, donnent un mélange de nitrile et de carbylamine; certains d'entre eux, comme le cyanure de potassium, donnent presque exclusivement des nitriles, tandis que d'autres, comme le cyanure d'argent, donnent à peu près uniquement des carbylamines. J'ai entrepris l'étude quantitative de cette réaction en cherchant comment varient, en fonction du temps et de la température, les quantités de nitriles et de carbylamines formées.

J'exposerai d'abord dans cette Note les méthodes analytiques que j'ai employées.

Étant donné un mélange de nitrile et de carbylamine, plusieurs réactions peuvent être appliquées au dosage des deux isomères.

M. Gautier a montré que les acides minéraux, en présence de l'eau, décomposent à froid les carbylamines avec formation de formiamides substituées puis de formiates des amines correspondantes; dans les mêmes circonstances les nitriles ne sont pas attaqués. Il suffit donc, pour séparer les deux isomères, d'additionner leur mélange d'acide sulfurique dilué et de distiller jusqu'à disparition de toute odeur de carbylamine : le nitrile distille seul. L'azote de la carbylamine est intégralement retenu. On le dose très facilement en le faisant passer à l'état d'ammoniaque par ébullition prolongée en présence d'acide sulfurique concentré. Quant au nitrile, on l'hydrolyse complètement en le chauffant en tube scellé à 150° pendant 3 heures en présence d'acide sulfurique à 50 pour 100; sa détermination se trouve ainsi ramenée à un dosage d'ammoniaque.

J'ai observé d'autre part que le brome en présence de l'eau, et les hypobromites alcalins, décomposent complètement à froid les carbylamines en dégageant sous forme d'acide carbonique leur carbone bivalent. Ces réactifs sont sans action sur les nitriles.

Le dosage des carbylamines se trouve ainsi réalisé par un simple dosage d'acide carbonique.

J'ai trouvé enfin que les carbylamines décomposent à froid les solutions d'acide oxalique avec mise en liberté de volumes égaux d'acide carbonique et d'oxyde de carbone. Cette réaction s'explique facilement : M. Gautier a montré autrefois que les carbylamines déshydratent les acides organiques; l'acide acétique passe ainsi à l'état d'anhydride acétique; l'anhydride oxalique qui tend à se former, n'étant pas stable, se décompose avec dégagement gazeux. Il est très remarquable que cette décomposition par déshydratation se produise ainsi au sein de l'eau. L'expérience montre que, en présence d'une solution saturée d'acide oxalique, 4^{mol} d'éthylcarbylamine dégagent 3^{mol} de gaz carbonique, ou, ce qui revient au même, décomposent 3^{mol} d'acide oxalique. Cette réaction, comme la précédente, ramène le dosage des carbylamines à un dosage d'acide carbonique. Les nitriles ne sont pas attaqués par l'acide oxalique.

En pratique, j'ai dû, le plus souvent, doser à la fois le nitrile et la carbylamine dans le mélange complexe qui résulte de l'action, en tube scellé, de l'iodure alcoolique sur un cyanure métallique. Le contenu du tube était distillé d'abord en présence d'une solution concentrée de cyanure de potassium alcalinisée par de la potasse. Dans ces conditions, le distillat renferme le nitrile, la carbylamine, de l'iodure alcoolique, de l'ammoniaque et une petite quantité d'acide cyanhydrique. Une seconde distillation en présence de potasse concentrée élimine complètement l'acide cyanhydrique sans altérer les autres corps. Pour doser l'ammoniaque, on ajoute à la liqueur distillée un volume connu d'acide sulfurique titré et, après disparition de l'odeur de carbylamine, on dose volumétriquement l'acide en excès : la différence permet de doser l'ammoniaque correspondante. La présence de carbylamine ne gêne en rien ce dosage, l'acide sulfurique la transformant par simple hydratation partie en éthylformiamide, neutre au tournesol, partie en formiate d'éthylamine. En distillant, on sépare le nitrile et l'on dose ensuite séparément, comme il a été dit plus haut, l'azote revenant à ce nitrile et celui de la carbylamine. Il faut seulement retrancher, de l'azote trouvé pour cette dernière, l'azote ammoniacal.

De nombreuses expériences de contrôle ont montré que l'on peut obtenir par ces méthodes des résultats suffisamment précis; elles permettent de doser de petites quantités de nitriles et de carbylamines mélangées, avec une erreur en moins qui atteint rarement et ne dépasse jamais 1,5 pour 100.

J'exposerai prochainement les résultats que j'ai obtenus en appliquant cette méthode à l'étude de l'alcoylation des cyanures et à celle des phéno-

mènes de polymérisation et d'isomérisation que présentent les carbylamines.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouveau dosage du soufre libre.* Note de M. E. **Berger**, présentée par M. G. Lemoine.

Les procédés d'attaque du soufre indiqués dans les Traités d'analyse, eau de brome, acide chlorhydrique et chlorate de potasse, etc., sont longs et pénibles, même avec du soufre très divisé. Je propose d'employer *de l'acide azotique fumant, additionné d'un peu de bromure de potassium;* le brome mis en liberté dissout le soufre et le bromure de soufre est décomposé aussitôt par l'excès d'acide. Ce réactif agit à froid, en quelques minutes, même sur du soufre en petits cristaux. Le produit de l'attaque est constitué par de l'acide sulfurique.

Il se forme probablement aussi un peu d'un acide suroxygéné du soufre, peut-être l'acide monopersulfurique. Si, en effet, l'on étend la liqueur obtenue et si l'on précipite par l'azotate de baryte, la liqueur filtrée, d'abord parfaitement limpide, laisse peu à peu déposer du sulfate de baryte, surtout à chaud. J'attribue cette particularité à la présence d'un acide suroxygéné se décomposant peu à peu. La liqueur d'attaque neutralisée ne donne pourtant pas la réaction des persulfates (précipité brun avec une solution d'aniline à 2 pour 100).

Quoi qu'il en soit, cet acide suroxygéné étant décomposé par la chaleur, tout le soufre peut être transformé en sulfate de baryte.

Pratique du dosage. — On pèse dans une petite capsule un échantillon de matière à doser contenant de $0^g,1$ à $0^g,2$ de soufre. On la recouvre de 10^{cm^3} d'acide azotique fumant et l'on y projette de $0^g,5$ à 1^g de bromure de potassium pur. Au bout de quelques minutes on évapore au bain-marie à siccité et l'on reprend deux fois ou trois fois par quelques centimètres cubes d'acide chlorhydrique en évaporant chaque fois, de façon à se débarrasser de l'acide azotique.

On redissout alors dans l'eau et l'on précipite à la manière ordinaire par le chlorure de baryum étendu et chaud, en ayant soin de laisser bouillir avant de filtrer jusqu'à ce que la liqueur surnageante soit complètement limpide.

Trois dosages effectués de cette manière sur du soufre en canons, m'ont donné des résultats très concordants.

Conclusions. — Le procédé indiqué constitue un mode de dosage rapide du soufre métalloïdique. Il peut s'appliquer lorsque dans le dosage des sulfures naturels l'attaque par l'acide nitrique laisse un résidu de soufre. Il convient aussi lorsque les matières où l'on veut doser le soufre contiennent d'autres substances que lui, solubles dans le sulfure de carbone; c'est, par exemple, le cas des masses de Laming épuisées où le soufre extrait par le sulfure de carbone est souillé de matières goudronneuses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le poids moléculaire de l'élatérine.* Note de M. A. **Berg**, présentée par M. H. Moissan.

Il y a quelques années, en 1897, je fus amené à étudier l'élatérine, principe actif retiré presque simultanément de l'élatérium en 1831 par Hennell (1) et Morriès (2) et de nouveau préparé par Zwenger en 1842 (3).

J'avais préparé à ce moment une assez grande quantité de ce corps, destiné à l'étude chimique. Ayant dû interrompre ce travail, je ne publiais pas alors les premiers résultats obtenus et ce n'est que dernièrement, après les avoir complétés, que je les présentai le 7 mars 1906 à la Section marseillaise de la Société chimique de Paris. Un Mémoire fut inséré ensuite dans le *Bulletin* de cette Société (4).

Je continuais cette étude quand parut, dans les *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft,* un travail de M. J. Pollak sur le même sujet, daté du 1er octobre 1906 (5).

Dans ce travail, l'auteur, après avoir signalé ma publication, se borne à reproduire une partie de mes recherches et arrive aux mêmes résultats, sauf en ce qui concerne le poids moléculaire.

Voici succinctement les conclusions auxquelles j'arrivais dans mon travail :

Zwenger, en 1842, avait attribué à l'élatérine la formule $C^{20}H^{28}O^5$. M'étant rendu compte que le poids moléculaire de ce corps devait être plus élevé que celui qui découle de cette formule, je déterminai la grandeur moléculaire par plusieurs méthodes et proposai la formule $C^{28}H^{38}O^7$ avec le poids moléculaire 486.

1° La cryoscopie dans le phénol m'a donné les nombres 464 et 473.

2° L'élatérine réagit sur l'anhydride acétique pour donner un dérivé diacétylé. En

(1) *Journ. of the Roy. Institut,* t. I, 1831, p. 352.

(2) *Edimb. Med. Surg. Journ.,* t. XXXV, 1831, p. 339.

(3) *Ann. Pharm. Chem.,* t. XLIII, 1842, p. 359.

(4) *Bull. Soc. chim.,* 3e série, t. XXXV, p. 403 et p. 435.

(5) *Berichte der deut. chem. Gesell.,* 1906, p. 3380.

partant de poids connu des deux corps et dosant, après l'action, l'excès d'anhydride acétique. J'obtins un poids moléculaire égal à 492 qui s'accorde avec la formule ci-dessus.

Ceci fut encore appuyé par la cryoscopie du dérivé acétylé dans l'acide acétique.

3° L'élatérine traitée par une solution alcoolique de potasse subit un dédoublement en acide acétique et en une nouvelle substance que j'ai nommée *élatéridine*. En dosant par la méthode de Duclaux l'acide acétique formé dans cette réaction, j'obtins également des nombres en accord avec $C^{28}H^{38}O^{7}$.

Dans son travail, M. J. Pollak retrouve, par cryoscopie dans le phénol, les nombres 445 et 476 comparables aux miens, mais, par ébullioscopie dans le bromure d'éthylène, il ne trouve plus que 354.

Employant le même procédé que moi, il dose aussi l'acide acétique provenant de l'action de la potasse et trouve des nombres qui, comme le précédent, s'accorderaient avec la formule de Zwenger.

Devant cette affirmation de M. J. Pollak, j'ai de nouveau répété mes expériences et obtenu les mêmes résultats que j'avais obtenus précédemment.

La formule $C^{20}H^{28}O^{5}$ exige que 100 parties d'élatérine fournissent 17,24 parties d'acide acétique, tandis que la formule $C^{28}H^{38}O^{7}$ n'en exige que 12,34. Or, il ne m'a jamais été possible de constater la formation d'une proportion d'acide acétique supérieure à 12 pour 100, quelles que soient les précautions prises et en opérant sur des quantités notables d'élatérine (de 1^{g} à 2^{g}). Mes nombres ont toujours été compris entre 11 et 12 pour 100.

Je maintiens donc sur ce point mes conclusions précédentes.

Mais voici encore une preuve qui me paraît inattaquable en faveur de la formule que j'ai proposée.

Par une action plus prolongée de la potasse, l'élatéridine formée en premier lieu se transforme en un acide, l'acide élatérique, dont j'ai préparé un assez grand nombre de sels. Dans quelques-uns d'entre eux, ceux qui me présentaient les meilleurs caractères de pureté, j'ai dosé le métal contenu. J'ai ainsi obtenu :

Pour le sel de soude....	Na	4,80 %	»	»
» cadmium.	Cd	11,21	11,18	11,27 %
» cuivre...	Cu	6,53	6,76 %	»

L'acide élatérique étant monobasique, ces nombres donnent pour ce corps le poids moléculaire moyen 447. Or, l'acide élatérique étant un produit de dédoublement de l'élatérine avec séparation d'acide acétique, le poids moléculaire de cette dernière ne peut être que supérieur à celui de

l'acide, ce qui est en désaccord absolu avec la formule de Zwenger et coïncide avec la mienne.

En résumé, je maintiens donc, pour l'élatérine, la formule $C^{28}H^{38}O^7$.

M. J. Pollak dit, dans son Mémoire, qu'il publie ses résultats pour prendre date en vue des travaux ultérieurs. Je ferai remarquer que la question de priorité ne saurait être posée, la publication de cet auteur étant postérieure à la mienne et mes premiers résultats remontant à 1897.

Je continue cette étude et principalement celle d'un composé obtenu par l'action de l'hydroxylamine qui semble indiquer la présence d'une fonction acétone dans l'élatérine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des acides hydroxamiques.* Note de M. **R. Marquis**, présentée par M. H. Moissan.

Lossen a montré ([1]) que les sels alcalins des acides dihydroxamiques sont décomposés par l'eau en donnant naissance à une urée disubstituée symétrique.

Thiele et Pickard ([2]) ont généralisé cette réaction et l'ont interprétée en admettant la formation transitoire d'un isocyanate, que l'eau transforme en urée :

$$R - C\begin{matrix}\diagup OK \\ \diagdown\!\!\diagdown NO.COR'\end{matrix} \rightarrow R'CO^2K + R - CNO \rightarrow R - N = C = O.$$

La formation d'isocyanate nécessite une migration moléculaire semblable à celle de Beckmann, migration qui, d'après Hantzsch ([3]), se formule ainsi :

$$\begin{matrix} R - C\diagdown \\ \quad \| \quad > O \\ \quad N\diagup \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C = O \\ \| \\ R - N \end{matrix}$$

I. Il était intéressant, pour mettre en évidence cette formation d'isocyanate, de soumettre directement à la migration de Beckmann un acide hydroxamique. J'y suis arrivé en employant le procédé classique de Hantzsch, mais en remplaçant le perchlorure de phosphore par le chlorure de thionyle.

([1]) *Berichte*, t. XXVII, p. 1481.

([2]) *Lieb. Ann.*, t. CCCIX, p. 189.

([3]) *Berichte*, t. XXVII, p. 1256

J'ai pu ainsi transformer l'acide benzhydroxamique en isocyanate de phényle. La réaction peut se formuler comme suit :

$$\begin{array}{l} C^6H^5-C-OH \\ \qquad\quad \| \qquad\qquad + SOCl^2 \\ \quad HO-N \end{array}$$

$$= SO^2 + HCl + \begin{array}{c} C^6H^5-C-OH \\ \| \\ Cl-N \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} Cl-C-OH \\ \| \\ C^6H^5-N \end{array} \rightarrow HCl + \begin{array}{c} C=O \\ \| \\ C^6H^5-N \end{array}$$

En pratique, cependant, les choses ne se passent pas aussi simplement. Tout d'abord, lorsqu'on traite directement, sans solvant, l'acide benzhydroxamique par le chlorure de thionyle, la réaction, nulle à froid, s'amorce rapidement au bain-marie, devient d'une violence extrême et se termine par une explosion.

Si l'on opère au sein de l'éther, dans lequel l'acide benzhydroxamique est presque insoluble, on s'aperçoit que, en ajoutant une molécule de chlorure de thionyle et en chauffant un peu, l'acide se dissout sans qu'il y ait de dégagement gazeux. Il se forme un produit d'addition de l'acide benzhydroxamique et du chlorure de thionyle.

Ce produit, qu'on peut isoler en évaporant l'éther à froid, à l'abri de l'humidité, est une masse blanche cristalline, soluble dans l'éther et dans le benzène, fusible au-dessous de 100°. Sa grande altérabilité ne m'a pas permis de l'analyser. Lorsqu'on la chauffe au bain-marie en quantité supérieure à quelques grammes, elle se décompose avec explosion en acides sulfureux et chlorhydrique et isocyanate de phényle.

Cette décomposition devient régulière au sein du benzène bouillant. On peut ensuite, par fractionnement, isoler de l'isocyanate de phényle pur. Ce dernier a été caractérisé en le transformant, par l'aniline, en diphénylurée et, par la *p*-toluidine, en *p*-tolylphénylurée.

Le point de fusion de la *p*-tolylphénylurée est indiqué comme situé à 212° (¹) ou à 214° (²). Je l'ai trouvé, au bloc Maquenne, de 221°; plus exactement, la *p*-tolylphénylurée fond à 218°, puis se solidifie pour fondre définitivement à 221°.

II. L'acide salicylhydroxamique (³) se conduit, sous l'action du chlorure de thionyle, comme l'acide benzhydroxamique; mais on n'observe pas, ici, la formation d'isocyanate.

En opérant au sein du benzène, car l'action directe est d'une violence explosive, on obtient presque quantitativement de l'oxycarbanile $C^6H^4 \langle {O \atop N} \rangle C.OH$. Il est probable

(¹) PAAL et VANVOLXEM, *Berichte*, t. XXVII, p. 2426; BUSH et FREY, *Ibid.*, t. XXXVI, p. 1374.

(²) DIXON, *Proc. chem. Soc.*, n° 229.

(³) Le point de fusion de cet acide est indiqué par Jeanrenaud (*Berichte*, t. XXII; p. 1274) comme situé à 169°. J'ai trouvé qu'un échantillon bien pur (N trouvé : 9,30, calculé : 9,15) fondait sur le bloc à 179°-180° en se décomposant.

que, dans la dernière phase de la réaction, l'élimination d'acide chlorhydrique se fait aux dépens de l'hydrogène de l'oxhydrile phénolique

$$C^6H^4\begin{cases} OH \\ \quad\quad Cl \\ N = \overset{|}{C} - OH \end{cases} = HCl + C^6H^4\left\langle\begin{matrix} O \\ N \end{matrix}\right\rangle C - OH.$$

L'oxycarbanile, fusible à 138°, a été caractérisé par son dérivé benzoylé, fusible à 173° ([1]).

Son dérivé acétylé est indiqué comme fondant à 95° ([2]) ou à 97°-98° ([3]). Je l'ai préparé plusieurs fois et l'ai toujours vu fondre à 91°.

III. Je n'ai pas trouvé, dans l'action du chlorure de thionyle sur l'acide benhydroxamique, le produit de condensation, qui aurait pu prendre naissance, de l'isocyanate de phényle avec l'acide benzhydroxamique.

J'ai préparé ce produit, à titre documentaire, en condensant les matières premières en quantités équimoléculaires, au sein de la pyridine.

L'*acide phénylcarbamylbenzhydroxamique* $C^6H^5 - C\begin{cases} OH \\ NO.CO.NH.C^6H^5 \end{cases}$ cristallise dans l'alcool en fines aiguilles feutrées qui se résolvent, au bout de peu de temps, en petits cristaux grenus, limpides. Il fond à 209°-210° en se décomposant (N pour 100, trouvé : 10,99; calculé : 10,93).

J'ai aussi préparé l'*acide phénylcarbamylsalicylhydroxamique*

$$C^6H^4\begin{cases} OH \\ C\begin{cases} OH \\ NO.CO.NH.C^6H^5. \end{cases} \end{cases}$$

Il cristallise dans un mélange à parties égales d'alcool et de benzène, en aiguilles plates, nacrées, se colorant rapidement à la lumière en rouge intense. Il fond en se décomposant à 181°, c'est-à-dire presque à la même température que l'acide salicylhydroxamique (N pour 100, trouvé : 10,48; calculé : 10,29).

Le sel alcalin de cet acide, chauffé en solution aqueuse, se décompose suivant la règle établie par Thiele et Pickard (*loc. cit.*) en donnant de l'aniline et de l'oxycarbanile.

([1]) RANSOM, *Berichte*, t. XXXI, p. 1065.

([2]) KALCKHOFF, *Berichte*, t. XVI, p. 1829; GRAEBE et ROSTOVZEFF, *Ibid.*, t. XXXV, p. 2747.

([3]) G. BENDER, *Berichte*, t. XIX, p. 2270.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau mode de formation de composés organiques du phosphore.* Note de M. J. **Berthaud**, présentée par M. A. Haller.

a. Quand on chauffe en tube scellé du phosphore blanc avec de l'alcool méthylique (en quantités correspondant à 1^{at} de l'un et 2^{mol} de l'autre environ), à une température qui n'est pas inférieure à 250°, pendant quelques heures, le phosphore disparaît complètement. On recueille des gaz renfermant de l'hydrogène phosphoré et des phosphines; au fond des tubes se trouve une masse concrète incolore, dans laquelle il y a de l'acide phosphorique, un peu d'acides phosphiniques, mais qui renferme surtout de l'hydrate de tétraméthylphosphonium.

Les gaz ont été caractérisés par leur absorption au moyen du chlorure cuivreux en solution chlorhydrique, leur inflammation au contact des vapeurs de brome et d'acide nitrique fumant, enfin par les produits de leur oxydation, qui sont l'acide phosphorique et un mélange d'acides phosphiniques où l'acide monométhylé prédomine de beaucoup.

L'acide monométhylphosphinique $O:P:(OH)^2.CH^3$ a été caractérisé sous forme de sel de plomb $O:P(O^2Pb)CH^3$, tandis que l'hydrate de tétraméthylphosphonium $(CH^3)^4P.OH$ l'a été par son chloroplatinate $[(CH^3)^4PCl]^2PtCl^4$.

b. L'action du phosphore sur l'alcool éthylique est en tout semblable à celle qui vient d'être décrite, concernant l'alcool méthylique; on recueille cependant une quantité un peu plus considérable de phosphine monoalcoylée, sous forme d'un liquide mobile, très oxydable, bouillant vers 30° et donnant par oxydation de l'acide monoéthylphosphinique, mêlé à des corps plus riches en carbone.

L'hydrate de tétraéthylphosphonium $(C^2H^5)^4P.OH$ a pu être caractérisé par son chloroplatinate $[(C^2H^5)^4PCl]^2PtCl^4$.

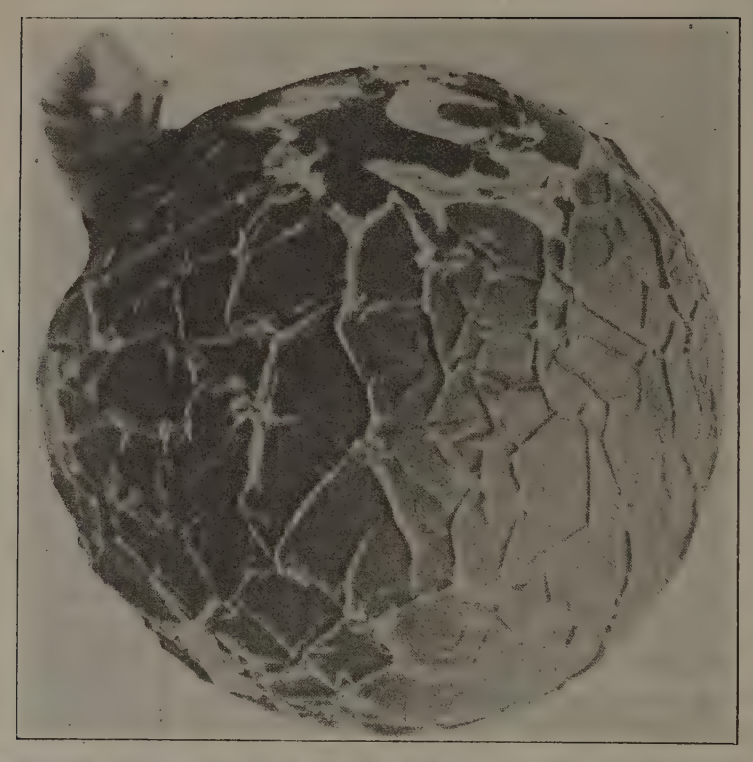
En résumé, par l'action directe du phosphore blanc sur les alcools méthylique et éthylique, en tube scellé, à une température d'au moins 250°, on obtient de l'hydrogène phosphoré, un peu de phosphines, ainsi que les produits d'oxydation de ces corps, l'acide phosphorique et les acides phosphiniques; environ 20 à 30 pour 100 du phosphore mis en réaction fournissent des hydrates de tétraméthyl- et tétraéthylphosphonium; dans le cas de l'alcool éthylique, la quantité de phosphine monoalcoylée est assez considérable et représente environ 20 pour 100 du phosphore total.

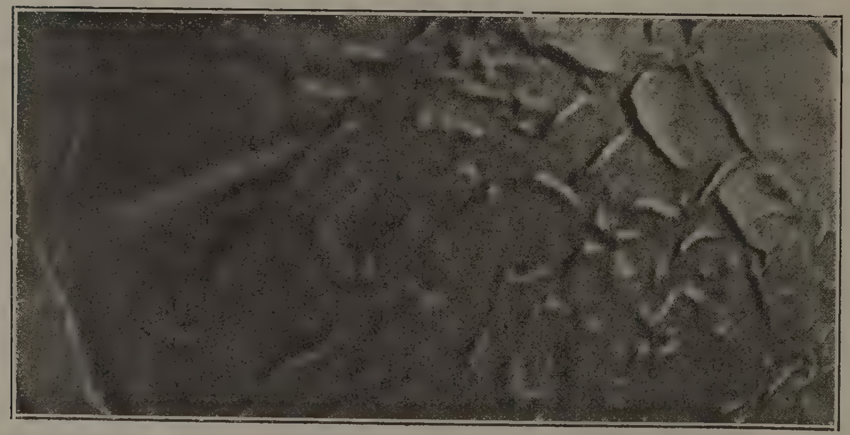
Nous nous proposons d'étendre cette étude à d'autres alcools et de rechercher quelle est l'action du phosphore, dans des conditions ana-

logues, sur des corps possédant d'autres fonctions que la fonction alcoolique.

MINÉRALOGIE. — *Reproduction expérimentale de plissements lithosphériques.* Note de M. HIRTZ, présentée par M. Michel Lévy.

La seule hypothèse plausible capable d'expliquer les déformations lithosphériques d'une planète est celle du retrait général de l'ellipsoïde sous l'influence du refroidissement, avec perte graduelle de surface. On peut essayer de reproduire les conditions naturelles de la façon suivante, en partant de la notion d'un fluide central. Deux ballonnets de caoutchouc sont inclus l'un dans l'autre et gonflés simultanément; ils entrent en contact parfait et prennent une forme sphéroïdale. La surface externe est alors recouverte de paraffine qui adhère bien au caoutchouc et qui le rend rigide. En laissant l'air s'échapper lentement du ballonnet intérieur, on obtient une diminution de volume avec conservation de la forme géométrale; on force alors l'enveloppe externe (lithosphère) à s'adapter constamment à son support (noyau planétaire) soit en faisant le vide entre les deux membranes, soit en soumettant l'ensemble à une surpression dans une enceinte fermée. Les résultats observés sont des déformations de la couche paraffinée primitivement lisse, qui affectent la forme de *plis*. Ces plis se disposent presque toujours selon des arcs de grands cercles; après un certain trajet, ils se divisent généralement en deux branches qui subissent à leur tour le même sort, de telle façon qu'un segment rectiligne quelconque a ses deux extrémités bifides. Il résulte de cette disposition une série de contours fermés. Ces polygones, simples ou élémentaires, ont des périmètres dont le nombre de côtés varie de trois (minimum) à huit (maximum) en contour convexe, avec fréquence prédominante pour les pentagones irréguliers; ils se groupent en polygones *composites*. Ceux-ci, qui présentent le même nombre de côtés que les premiers, lorsqu'ils ne sont pas étoilés, sont subdivisés par des nervures *à tendance radiale* concourant soit vers un centre unique, soit vers une fossette ou *ombilication*. Ils atteignent des dimensions *de même ordre* pour une expérience donnée et s'emmaillent les uns dans les autres (*périmètres à centres*). Ils peuvent s'allier plus étroitement encore et devenir radiés-ombiliqués. Les deux premières formes sont les plus fréquentes; d'autres polygones plus rares sont segmentés par des cloisons parallèles; d'autres encore con-





tiennent une quantité de petites alvéoles séparées par des nervures quadrillées. Autour de chaque centre, des ondes de plissement s'ébauchent, comparables aux ondes d'une surface liquide produites par la chute d'un corps.

On retrouve toujours des polygones semblables aux quelques types décrits, quel que soit le nombre des expériences effectuées, leur modalité et *la nature de la substance employée,* pourvu que celle-ci soit suffisamment rigide. Dans des conditions spéciales (adhérence plus grande des membranes?), d'autres tentatives laissent voir, au lieu de rides continues, des formes en chaînons interrompus, et alors apparaissent des enceintes à intumescence médiane qui peuvent revêtir dans certains cas une forme arrondie ou ovalaire avec piton central; dans d'autres essais, les déformations se font presque exclusivement en mamelons isolés, groupés en chaînes cycliques, absolument comparables à des formes du même type situées aux bords de certaines mers de notre satellite.

La tendance manifeste au parallélisme et à la gémination de certains plis a été assez fréquemment notée.

La disposition des plis paraît ne pas être livrée au hasard, mais obéir à une orientation définie; l'auteur a déduit de cette considération une théorie nouvelle sur laquelle il se propose de revenir et qui diffère essentiellement de celle d'Élie de Beaumont que peut évoquer l'idée de polygonation.

Les aspects expérimentaux se rapprochent beaucoup des formes observées à la surface de la Lune; dans certains cas on peut dire qu'il y a presque identité, en particulier pour les enceintes à piton central ou cirques et les chaînes cycliques de mamelons. Aussi peut-on essayer d'interpréter le relief sélénite en partant de l'observation attentive des essais de laboratoire; on arrive alors à une conception simple et satisfaisante au point de vue mécanique, sans avoir besoin de faire intervenir d'autres facteurs que la pesanteur et les actions dynamiques tangentielles qui en sont la conséquence.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'origine des enroulements hélicoïdaux dans les corps cristallisés.* Note de M. **Fred Wallerant**, présentée par M. de Lapparent.

Dans une Note précédente, j'ai décrit les enroulements hélicoïdaux, obtenus en ajoutant à une substance fondue un corps étranger, suscep-

tible de se dissoudre dans cette substance. Depuis j'ai pu établir que le corps étranger, pour déterminer l'enroulement, devait être doué du pouvoir rotatoire.

Si, en effet, l'on ajoute de l'acide tartrique droit à la malonamide, à l'acide glycolique, à la résorcine, à l'hydroquinone, ces substances présentent des enroulements dextrogyres; ces enroulements sont au contraire lévogyres, si l'on ajoute de l'acide tartrique gauche. L'acide racémique ne produit aucun effet.

Mais, de ces exemples, il ne faudrait pas conclure que l'enroulement de la substance est toujours de même sens que le pouvoir rotatoire du corps étranger : tout ce que l'on peut dire, c'est que deux corps isomères, dont les pouvoirs rotatoires sont de sens différents, déterminent des enroulements de sens contraires. Et, en effet, la modification peu biréfringente de la résorcine s'enroule dans le sens lévogyre sous l'influence de l'acide tartrique droit et dans le sens dextrogyre sous l'influence de l'acide tartrique gauche. De même dans une préparation de malonamide, à laquelle on a ajouté de l'acide santonique lévogyre, on obtient des enroulements dextrogyres de la modification biaxe et des enroulements lévogyres de la modification uniaxe.

On voit donc que, si l'enroulement est occasionné par la présence du corps actif, le sens de cet enroulement est déterminé non seulement par le signe du corps actif, mais encore par certaines particularités, jusqu'ici ignorées, de la substance qui s'enroule. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner du fait suivant : la modification instable de l'acide glycolique, cristallisant entre deux lames de verre, donne naissance à des sphérolites constitués, non de fibres, mais de cristaux disposés symétriquement par rapport au centre du sphérolite. Or, si l'on ajoute à cette substance l'un des corps suivants : acide santonique lévogyre, camphre ordinaire dextrogyre, citronnellal dextrogyre, etc., l'enroulement se produit en sens contraires dans deux secteurs opposés par le sommet, de façon que la symétrie par rapport au centre soit conservée.

Je terminerai en faisant remarquer, sans vouloir faire de comparaison sur l'importance des faits, que ces enroulements constituent, avec la dissymétrie des formes cristallines découverte par Pasteur, les seules manifestations matérielles connues de la dissymétrie des corps actifs.

MINÉRALOGIE. — *Sur les figures de corrosion.* Note de M. P. GAUBERT, présentée par M. A. LACROIX.

Les cristaux d'acide phtalique hydraté $C^6H^4(CO^2H)^2$ sont remarquables par la façon dont leurs faces dominantes sont sous la dépendance de la nature du dissolvant et de la présence de matières étrangères dissoutes dans l'eau mère, à tel point qu'on a pu comparer ce corps à la calcite pour la variété de ses formes. J'ai montré que les figures de corrosion elles-mêmes variaient avec la nature du dissolvant. Produites par l'action de l'alcool pur, de l'éther, etc., elles sont très allongées parallèlement à l'arête $g^1e^1(010)(011)$, alors qu'avec l'eau c'est suivant l'arête

$$\left(d^1 d^{\frac{1}{3}} h^{\frac{1}{4}}\right) g^1 [214:010].$$

Je me suis proposé d'examiner l'influence, non plus de ces dissolvants considérés individuellement, mais de leurs mélanges et en particulier de celui d'alcool et d'eau. Dans ce but, deux séries d'expériences ont été faites :

1° Des cristaux d'acide phtalique ont été attaqués pendant une demi-minute environ par des mélanges en proportions déterminées d'alcool éthylique et d'eau. La forme des figures de corrosion ainsi produites est intermédiaire entre celle déterminée par l'alcool absolu et par l'eau pure, mais l'influence de l'alcool est beaucoup plus grande que celle de l'eau, de telle sorte que les figures sont toujours allongées suivant l'arête g^1e^1 : leur largeur augmente avec la proportion de l'eau. Ces figures sont beaucoup plus nettes que celles obtenues avec l'un ou l'autre de ces liquides; habituellement elles sont limitées par quatre faces parallèles deux à deux, appartenant respectivement aux zones g^1e^1 et $g^1\left(d^1 d^{\frac{1}{3}} h^{\frac{1}{4}}\right)$.

2° Au lieu de dissoudre l'acide phtalique dans un mélange fixe d'alcool et d'eau, on fait varier progressivement la quantité de l'un des deux corps. Un des procédés le plus commode est de mettre sur les cristaux d'acide phtalique placés sur la lame porte-objet de l'alcool additionné d'eau. L'alcool s'évaporant, le liquide qui reste devient de plus en plus aqueux. On peut suivre ainsi progressivement la variation des formes des figures de corrosion à mesure que la composition du liquide d'attaque se modifie. D'abord caractéristiques des figures de corrosion données par l'alcool, elles s'élargissent bientôt dans la direction $g^1\left(d^1 d^{\frac{1}{3}} h^{\frac{1}{4}}\right)$, s'arrondissent et finalement prennent un contour elliptique. En faisant varier la rapidité de l'évaporation, on peut aussi faire varier ces figures de corrosion.

Il se produit donc un phénomène analogue à celui que j'ai observé pendant l'accroissement des cristaux d'acide phtalique. Ceux-ci déposés par

l'alcool absolu ont des formes différentes de celles des cristaux obtenus avec l'eau et à chaque mélange déterminé de ces deux liquides correspond un facies particulier des cristaux, les faces étant toujours planes ; mais, si la proportion d'alcool diminue progressivement, il y a modification continue de certaines faces qui sont remplacées par des faces courbes.

Le mode de production des faces courbes limitant les figures de corrosion des cristaux d'acide phtalique permet d'expliquer la courbure des faces des figures de corrosion de beaucoup de minéraux et en particulier de la calcite. Celle-ci donne avec l'acide chlorhydrique des cavités polyédriques, dont les parois sont tantôt planes et tantôt courbes. En outre, ces figures varient aussi avec la nature du corrosif, avec le degré de dilution de ce dernier et avec la température. A mesure que la calcite est attaquée, l'acide s'affaiblissant progressivement, le liquide s'enrichissant en chlorure de calcium s'il s'agit de l'acide chlorhydrique, les faces planes de dissolution produites tout d'abord deviennent peu à peu instables; c'est donc en définitive la reproduction de conditions analogues à celles auxquelles est soumis l'acide phtalique dans les expériences relatées plus haut.

Avec la calcite le phénomène est cependant un peu plus complexe, les bulles d'acide carbonique troublant peut-être le phénomène en aidant à arrondir les faces ; mais, comme malgré leur présence, on obtient très souvent des faces planes, ce n'est pas à elles seules que la courbure des faces doit être attribuée.

Les matières colorantes peuvent pendant l'accroissement des cristaux d'acide phtalique colorer ces derniers et modifier leurs formes ; elles ont aussi une certaine influence sur la résistance du cristal à l'attaque d'un dissolvant. Cette propriété peut être mise facilement en évidence avec les cristaux présentant alternativement des zones incolores et des zones colorées. Les figures de corrosion apparaissent plus vite sur les premières que sur les secondes.

La nature de la matière colorante a en outre une certaine influence sur le phénomène. Les cristaux colorés par le bleu de méthylène s'attaquent plus facilement que ceux qui le sont par le vert malachite, eux-mêmes moins résistants que les cristaux ayant absorbé du violet de méthyle.

Il résulte donc de mes recherches : 1° que les figures de corrosion à faces courbes peuvent être produites comme certaines faces courbes des cristaux, sous l'influence de la variation continue de la composition du milieu ambiant ; 2° que les matières étrangères colorant le cristal modifient la résistance des faces à l'action du dissolvant.

MINÉRALOGIE. — *Sur une espèce minérale nouvelle, la népouite, silicate hydraté de nickel et de magnésie.* Note de M. E. GLASSER, présentée par M. A. Lacroix.

Nous avons recueilli en Nouvelle-Calédonie des échantillons d'un silicate hydraté de nickel et de magnésie, dont les propriétés sont toutes différentes de celles de la garniérite et de la nouméite, ainsi d'ailleurs que des autres espèces minérales plus ou moins voisines qui ont été signalées jusqu'ici.

Les échantillons sur lesquels ont porté nos observations sont au nombre de cinq. Les quatre premiers se présentaient sous la forme de poudres cristallines très fines au milieu de minerais de nickel complexes remplissant les intervalles de blocs de péridotite nickelifère. Le cinquième tapissait, en même temps que des concrétions nickelifères vertes, les parois d'une petite cheminée ouverte au milieu de blocs de même nature; il se distinguait des concrétions voisines par son toucher rugueux et par ses formes de vermiculations ou de prismes tordus à section à peu près régulière, il présentait parfois sur ces sections un léger éclat nacré.

Les quatre premiers échantillons ont pu être aisément purifiés par simple tamisage de la poudre microscopique qu'ils constituent naturellement; le cinquième a été obtenu sensiblement pur en en triant les fragments à la loupe.

A l'analyse ils ont révélé la composition suivante :

	Échantillons							
	n° 1.				n° 4.		n° 5.	
	Première analyse.	Seconde analyse (1).	n° 2.	n° 3.	Première analyse.	Seconde analyse (1).	Première analyse.	Seconde analyse (1).
H^2O	9,64	10,48	10,61	10,05	11,98	non dosée	12,31	10,20
SiO^2	32,84	32,30	33,03	35,05	40,07	41,1	32,36	32,50
NiO (2)...	49,05	49,75	46,11	39,99	18,21	18,1	50,70	50,20
MgO.....	3,64	3,75	6,47	11,80	29,84	30,0	3,00	3,47
FeO	1,90	1,65	2,20	1,22	0,25	non dosée	0,62	0,83
CaO	0,50	non dosée	traces	0,58	0,53	id.	traces	non dosée
Al^2O^3	0,97	0,89	1,39	1,13	0,72	id.	0,69	0,82
Totaux.	98,54	98,82	99,81	99,82	101,60		99,68	98,02

(1) Analyses de M. Pisani; les autres ont été exécutées par nous-même au laboratoire de l'École des Mines de Saint-Étienne.

(2) Nous n'avons pas cherché à séparer du nickel le cobalt, s'il s'en trouve des traces, ainsi que cela est constant dans tous les minerais de nickel de la Nouvelle-Calédonie.

Ces analyses répondent toutes sensiblement à la formule

$$2SiO^2, 3(Ni, Mg)O, 2H^2O.$$

Les propriétés physiques de ce minéral sont les suivantes :

Les échantillons nos 1, 2, 3 et 4 se présentent en fragments de quelques centièmes de millimètre de dimensions, tantôt allongés et quelquefois en tables grossièrement hexagonales. Souvent on observe, au microscope, des vermiculations à section hexagonale d'une longueur de $\frac{1}{10}$ ou $\frac{2}{10}$ de millimètre, striées transversalement aux faces du prisme à six pans plus ou moins tordu qu'elles constituent, ce qui paraît indiquer un empilement de lames de clivage comme dans les chlorites. Ces lames, lorsqu'on les observe à plat, montrent un deuxième clivage net, parallèle au plan des axes optiques et un plan de cassure facile (sinon un troisième clivage) dont la trace est inclinée à 60° sur celle du deuxième clivage. Les prismes tordus qui constituent l'échantillon n° 5 présentent, avec de plus grandes dimensions, les mêmes caractères.

Les densités des cinq échantillons sont les suivantes :

Échantillons nos :......	1.	2.	3.	4.	5.
Densité,.,.........	3,24	3,18	2,89	2,47	3,20

Leur dureté est comprise entre 2 et 3.

La couleur des échantillons pulvérulents varie, avec la teneur en nickel, du vert cendré vif (n° 1) au vert jaune pâle (n° 4). Le n° 5 est d'un vert opaque vif, mais après porphyrisation il montre la même couleur que le n° 1; les lamelles minces en sont transparentes et laissent passer une lumière d'un vert vif.

Sous le microscope polarisant, les cinq échantillons (le n° 5 préalablement porphyrisé) apparaissent légèrement dichroïques dans les teintes vertes (n_p) et vertes jaunes (n_g). Ils sont biaxes, avec deux axes très rapprochés autour de la bissectrice aiguë négative. Ces axes, très voisins de la perpendiculaire à l'aplatissement des lamelles, se montrent situés, lorsqu'on peut les observer nettement, dans un plan perpendiculaire à l'aplatissement et parallèle à la trace du deuxième clivage. Il semble d'ailleurs qu'il y ait des groupements complexes d'individus cristallins, de telle sorte que lorsque l'épaisseur des lamelles est un peu importante (ce qui est particulièrement le cas avec les fragments de l'échantillon n° 5) l'apparence est celle d'un minéral uniaxe dont la croix noire se disloque à peine.

Les vermiculations s'éteignent entre deux nicols croisés suivant l'allongement, c'est-à-dire suivant la direction perpendiculaire aux lamelles de clivage; l'extinction n'est d'ailleurs nette que si les vermiculations ne sont pas recourbées.

La biréfringence est assez forte dans tous les échantillons; elle est de 0,036 à 0,038 pour les nos 1 et 5 et décroît avec la teneur en nickel pour tomber au-dessous de 0,03 pour l'échantillon n° 4. La moyenne des indices de réfraction et de 1,62 à 1,63 dans le premier cas et de 1,56 environ dans le deuxième.

Les propriétés pyrognostiques de ce minéral sont celles de la garniérite. On doit cependant noter qu'une calcination douce fait passer la couleur au gris plus ou moins foncé suivant la richesse en nickel, puis au jaune pâle et enfin au gris verdâtre à la plus haute température du moufle. La calcination ne fait pas perdre ses propriétés optiques au minéral qui reste biréfringent, mais devient presque opaque.

Les différentes propriétés des cinq échantillons ci-dessus décrits, et en particulier leurs propriétés optiques, montrent qu'ils appartiennent à une espèce minérale unique où le nickel et la magnésie s'échangent en toutes proportions, comme dans la garniérite et la nouméite, mais qui en est nettement différente. Cette espèce s'écarte également des autres silicates hydratés de nickel et de magnésie qui ont été décrits jusqu'ici; ses propriétés optiques se rapprochent de celles de la connarite de Breithaupt, mais le reste des propriétés physiques de ce dernier minéral (en particulier sa densité) et sa composition chimique (qui comporte plusieurs centièmes d'acide phosphorique et une teneur beaucoup moindre en oxyde de nickel et en magnésie) le séparent complètement de nos échantillons.

Si donc l'analyse de Breithaupt a été faite sur un produit pur, il y a là une espèce minérale nouvelle, confondue sans doute jusqu'ici avec la nouméite et la garniérite. Sa composition chimique en fait une antigorite nickelifère, dont la présence dans les roches serpentineuses nickelifères de la Nouvelle-Calédonie n'a rien qui soit pour surprendre.

Nous proposons de donner à cette espèce le nom de *népouite,* du nom de la localité de Népoui, où nous l'avons observée pour la première fois.

BOTANIQUE. — *Reproduction expérimentale du mycétome à grains noirs.* Note de M. E. **Pinoy**, présentée par M. A. Laveran.

Au point de vue clinique, les mycétomes que l'on a désignés sous le nom de *Pied de Madura,* à cause de leur localisation la plus fréquente, ont été classés en mycétomes à grains blancs et mycétomes à grains noirs.

Dans la plupart des mycétomes blancs, on trouve le grain constitué par un champignon à filaments très fins, non cloisonnés, prenant le Gram, le *Discomyces maduræ* de Vincent.

Dans les mycétomes noirs, le grain est formé par un champignon à filaments assez gros, dont on distingue très bien la membrane, cloisonnés, avec des chlamydospores intercalaires et terminales. Ce champignon avait été décrit et désigné sous le nom de *Streptothrix mycetomi* par M. Laveran.

Récemment, d'un mycétome blanc, dont le grain renfermait un champignon assez semblable par sa morphologie à celui du mycétome à grains noirs, M. Ch. Nicolle a isolé un *Aspergillus,* qui est une variété du *Sterigmatocystis nidulans* d'Eidam.

Jusqu'ici, toutes les tentatives faites pour reproduire expérimentalement la maladie soit directement par l'inoculation des grains, soit avec le *Discomyces maduræ* (Vincent), soit avec le *Sterigmatocystis nidulans var. Nicollei* (Pinoy), avaient échoué.

Nous sommes arrivé à obtenir un mycétome à *Sterigmatocystis nidulans* chez le pigeon. Pour cela, nous avons entraîné le champignon à pousser dans de mauvaises conditions, à l'abri de l'air, en bouillon sucré sous une couche d'huile de vaseline. Dans ce milieu, le *St. nidulans* donne de nombreuses chlamydospores intercalaires.

Après plusieurs cultures successives ainsi faites, nous avons inoculé avec un trocart, un peu de la culture dans la patte d'un pigeon, dans sa partie plantaire. La patte s'enfla progressivement durant une semaine, puis l'enflure resta stationnaire; enfin, au bout de trois semaines, elle se mit à diminuer et l'on pouvait penser que l'inoculation avait échoué, quand huit jours après, apparurent sur la peau plantaire de la patte des grains noirs qui pointaient. Ces grains, de la grosseur d'une graine de chènevis, s'extirpaient facilement avec l'ongle, laissant au-dessous d'eux une surface saignante.

A l'examen microscopique, ces grains se montrent constitués par des filaments rayonnants et brunâtres. Ces filaments sont cloisonnés et présentent de nombreuses chlamydospores intercalaires et des chlamydospores terminales. Dans certains grains, les filaments sont moins colorés et réunis par du pigment interstitiel. Nous pensons que cet aspect est dû à l'imprégnation, par le pigment du champignon, du tissu mortifié dans lequel il se développe.

Tous les grains sont plongés dans un tissu de granulation.

D'une part, il n'est pas sans intérêt de constater qu'un champignon isolé d'un cas de mycétome blanc chez l'homme peut donner un grain noir typique chez le pigeon. Ceci nous montre combien est artificielle une classification basée sur la présence ou l'absence de pigments.

D'autre part, la morphologie du grain obtenu expérimentalement se rapproche tellement de celle des grains des nombreux cas de mycétome noir étudiés par les auteurs, qu'elle fournit encore un argument en faveur des conclusions que M. Nicolle et nous-même avons données dans notre travail sur un mycétome aspergillaire [1] : « Les grandes analogies des caractères botaniques qui existent entre notre parasite et les formes observées par les auteurs dans certains cas de mycétome et plus particulièrement dans les cas à grains noirs semblent faire supposer plutôt que l'*Aspergillus* (*Sterigmatocystis*) *nidulans* ou des champignons très voisins sont les agents pathogènes sinon de la totalité, du moins d'une bonne partie des cas de mycétome qui ne relèvent pas de l'action du *Discomyces maduræ* de Vincent. »

Nous exposerons ultérieurement nos recherches sur la reproduction expérimentale du mycétome à *Discomyces maduræ* chez le pigeon en employant la même technique.

---

(1) Ch. Nicolle et Pinoy, *Sur un cas de mycétome aspergillaire observé en Tunisie* (*Arch. de Parasitologie,* t. X, 1906).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la nature de la vie latente des graines et sur les véritables caractères de la vie.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les échanges gazeux des graines qui contiennent dans leur état naturel de dessiccation 10 à 15 pour 100 d'eau sont-ils les résultats d'une simple oxydation chimique ou d'une vie très ralentie, c'est ce que j'ai essayé de déterminer.

Dans mes expériences récemment publiées ([1]) on a vu que très souvent, même à l'obscurité, les parties mortes du tégument de la graine dégageaient beaucoup plus d'acide carbonique et absorbaient davantage d'oxygène que les cotylédons et la plantule toujours aptes à germer.

En comparant les quotients respiratoires du même poids de graine exposé pendant ce même temps à la lumière et à l'obscurité j'ai constaté que ces quotients subissaient une assez grande variation. Or, si cela avait été une véritable respiration, l'intensité seule aurait changé, mais le quotient serait resté constant.

D'autres expériences me confirmeraient encore dans cette idée que les échanges gazeux ne sauraient être considérés comme un solide criterium de la vie.

1° J'ai placé à l'obscurité deux lots comparables de grains de blé, les uns vivants et les autres morts ([2]), dans des tubes renversés sur le mercure contenant de l'air ordinaire. Au bout de cinq mois j'ai analysé les modifications de cette atmosphère que résume le Tableau suivant :

		CO^2 pour 100.	O^2 pour 100.	Az pour 100.	$\frac{CO^2}{O}$.
Blé vivant.........	8g	0,53	19,40	80,07	0,33
Blé mort..........	8g	1,13	15,01	83,86	0,18

Le blé mort respire plus que le blé vivant. Seul le quotient respiratoire a baissé.

Des résultats analogues ont été trouvés avec le ricin et le pois.

2° 13g,175 de grains de blé, 6g de pois décortiqués, 5g de ricins décortiqués, 15g de fèves décortiquées ayant séjourné pendant un an à l'obscurité dans de l'azote pur et

---

([1]) P. Becquerel, *Sur la respiration des graines* (*Comptes rendus* du 10 décembre 1906).

([2]) Les graines avaient été tuées par la chaleur à 140° pendant une demi-heure.

sec n'ont dégagé aucune trace d'acide carbonique. Toutes ces graines ont cependant germé.

3° Des graines de pois décortiquées, après avoir été complètement privées d'air, ce qu'aucun expérimentateur n'avait réalisé jusqu'ici, sont restées pendant un an sous le mercure et retirées après n'ont décelé qu'un très faible déclin du pouvoir germinatif.

4° J'ai aussi prouvé que des graines décortiquées et perforées de pois, de lupin, de courge, de trèfle, de pin pignon ont pu se maintenir dans de l'acide carbonique pur complètement sec pendant près d'un an sans subir aucune atteinte à leur vitalité (¹).

5° Enfin, dans mes recherches sur la longévité des graines (²), j'ai découvert que plusieurs espèces d'embryons appartenant à la famille des Légumineuses pouvaient vivre de 60 à 90 ans à l'abri de l'atmosphère, dans l'intérieur de leurs téguments, parfaitement imperméables.

Tous ces faits nous démontrent qu'il est très difficile de savoir, avec des graines renfermant une certaine quantité d'eau, si elles sont en vie ralentie ou en vie suspendue, bien qu'à la longue leur protoplasma se décompose lentement et ne puisse plus revivre. Seules, des expériences de très longue durée, réalisées avec des graines complètement privées d'eau et de gaz par des procédés que j'ai ultérieurement indiqués, nous apprendront si dans ces conditions artificielles la vie de la graine peut être parfaitement suspendue.

Avec le précieux concours de M. Perot, Directeur du Laboratoire d'essais au Conservatoire des Arts et Métiers, nous avons déjà entrepris ces expériences. Nous avons placé dans le vide le plus parfait des graines sèches décortiquées. L'analyse spectrale de l'étincelle électrique que nous ferons passer entre les électrodes des ampoules qui renferment les graines nous indiquera s'il y a des dégagements gazeux, et, au bout d'un très long temps, nous constaterons si le protoplasma desséché se maintient stable dans le vide et conserve presque indéfiniment sa faculté de revivre.

Puisque les caractères de la vie sont si difficiles à mettre en évidence, on comprendra que nous avons été profondément étonné lorsque M. Stéphane Leduc a annoncé qu'il avait reproduit tous les phénomènes de la vie latente et de la vie manifestée avec des graines artificielles (³).

Qu'il me soit permis de dire que, entre une vésicule membraneuse de ferrocyanure de cuivre contenant de l'eau sucrée et entre une graine qui possède, dans le protoplasma et le noyau de ses milliers de cellules, le plan

---

(¹) Paul Becquerel, *Comptes rendus* du 2 avril 1906.

(²) Paul Becquerel, *Comptes rendus* du 25 juin 1906.

(³) Stéphane Leduc, *Comptes rendus* du 26 novembre 1906.

héréditaire d'évolution de la plante future, il n'y a pas d'analogies possibles.

Les phénomènes d'osmose et la formation progressive d'une membrane de précipité semi perméable, qui expliquent la croissance d'une cellule artificielle de Traube [1], sont tout à fait insuffisants pour nous rendre compte de la germination et du développement d'une véritable graine.

Dans la cellule vivante la plus simple il y a deux grandes séries de phénomènes physico-chimiques, inverses, simultanés, et dont les actions différentielles régissent sa croissance, sa maturité, sa multiplication et sa vieillesse. Ce sont, d'une part, les phénomènes d'assimilation protoplasmique, d'autre part les phénomènes de désassimilation, si admirablement décrits par Claude Bernard comme étant les plus caractéristiques de la vie.

Or ces phénomènes ne se rencontrent pas dans les cellules artificielles.

CHIMIE AGRICOLE. — *Les radiations lumineuses et la richesse azotée du blé.* Note de M. **J. Dumont**, présentée par M. L. Maquenne.

Des recherches antérieures m'ont permis de montrer l'influence très inégale qu'exercent les diverses radiations lumineuses sur la migration des matières azotées pendant la maturation du froment. Les expériences que j'ai faites cette année confirment mes premières observations. La méthode adoptée pour ce genre d'essais ayant été décrite dans une précédente Note [2], je me contenterai d'indiquer brièvement les quelques modifications apportées depuis à mon plan de recherches.

Pour avoir une base de comparaison plus rigoureuse, M. Maquenne m'avait conseillé de cultiver le blé témoin sous verre blanc ou incolore. Cette précaution présente une utilité d'autant plus grande que la culture sous cages vitrées, malgré tous les soins qu'on peut prendre pour assurer l'aération, n'est pas absolument comparable à la culture en plein champ ou à air libre : la température, toujours plus élevée sous les verres, provoque parfois un *échaudage* partiel du froment. D'autre part, voulant éviter toute erreur d'interprétation des résultats, j'ai pesé avec soin les

(1) Ces phénomènes, connus depuis longtemps, ont été étudiés scientifiquement par Traube (en 1865 et 1867).

(2) *Comptes rendus*, t. CXLI, p. 686.

balles et les grains récoltés sur une même surface couverte, ce qui m'a permis de calculer exactement la quantité totale de matières azotées pour l'ensemble des épis.

Les essais ont été exécutés avec du blé *Japhet* cultivé sur les *cases de végétation* de Grignon, dans des conditions semblables de terrain, de fumure et d'assolement. Les cadres vitrés [1] furent mis en place au moment de la floraison, le 20 juin. Un mois après, à la récolte, on sépara la paille, les balles et les grains. Voici les rendements obtenus par *mètre carré* de surface :

	Récolte (en grammes) par mètre carré.			
	Paille.	Balles.	Grains.	Total.
Blé sous verre blanc......	420	58	192	670
» rouge......	610	90	202	912
» vert.......	600	72	184	856
» bleu.......	650	94	208	952
» noir.......	590	74	182	846
Blé à l'air libre..........	372	66	228	666

En rapportant à l'hectare le poids des diverses récoltes, on trouve que le rendement en grains des cultures sous verre varie de 18 à 21 quintaux métriques environ. Ces nombres sont un peu faibles, il est vrai, mais les cases de végétation cultivées en blé donnent toujours, ainsi que Dehérain l'avait maintes fois constaté, un rendement notoirement inférieur à celui des cultures en plein champ. Quoi qu'il en soit, d'ailleurs, la quantité de matière végétale produite reste comparable, et nous voyons déjà qu'elle ne subit aucune diminution pour les cultures sous verres colorés. Bien au contraire, l'excédent le plus faible, par rapport au verre blanc témoin, se traduit par 176^{g} au mètre carré.

La richesse azotée des balles et des grains accuse de notables différences, et les variations observées dans l'un et l'autre cas sont à peu près du même ordre que pour nos précédents essais. Nous trouvons, en effet :

	Pour 100 de matière sèche.			
	Enveloppes.		Semences.	
	Azote.	Albumine.	Azote.	Gluten.
Blé sous verre blanc.........	0,687	4,294	1,605	10,031
» rouge.........	0,763	4,769	1,999	12,494
» vert..........	0,983	6,144	2,381	14,881
» bleu..........	0,946	6,012	2,472	15,450
» noir..........	1,158	7,237	2,295	14,344
Blé à l'air libre.............	0,574	3,587	1,709	10,681

[1] Ces cadres ont 1^{m},50 de haut et ne sont vitrés qu'à la partie supérieure, sur une longueur de 0^{m},30, permettant de n'abriter que les épis.

L'examen des chiffres consignés dans ce Tableau montre de façon manifeste l'influence prépondérante des radiations les plus réfrangibles du spectre. Mais la composition centésimale ainsi établie fournit-elle une preuve certaine et irréfutable de cette action spéciale? N'est-il pas permis de supposer que les épis présentent une constitution anormale, une maturation imparfaite? J'ai prévu cette objection. Il suffirait, en effet, que la migration de l'amidon fût paralysée, à l'avantage de celle du gluten, pour qu'elle provoquât dans le grain une richesse azotée simplement apparente. S'il en était ainsi, la somme globale des matières albuminoïdes contenues dans chaque récolte d'épis sous verres colorés resterait bien inférieure à celle de la récolte sous verre blanc; or, en aucun cas, nous ne constatons la moindre diminution; il y a excès partout, ainsi qu'on peut le voir en compulsant les nombres ci-dessous :

	Matières azotées pour l'ensemble des épis (en grammes).			Excédents rapportés au blé sous verre blanc (en grammes).		
	Balles.	Grains.	Total.	Balles.	Grains.	Total
Blé sous verre blanc.....	2,50	21,24	23,74	»	»	»
» rouge.....	4,28	25,24	29,52	1,78	4,00	5,78
» vert......	4,42	27,38	31,80	1,92	6,14	8,06
» bleu......	5,56	32,12	37,68	3,06	10,88	13,94
» noir......	5,34	26,12	31,46	2,84	4,88	7,72

Les excédents de matières albuminoïdes, pour des récoltes faites sur 1^{m^2} de surface, sont des plus sensibles. Avec le bleu, nous constatons une augmentation supérieure à 30 pour 100. Il ne saurait donc y avoir de doute sur l'heureuse influence de cette radiation qui favorise aussi, comme je le montrerai très prochainement, la migration des matières amylacées.

En résumé, les expériences que je poursuis depuis 1904 offrent une concordance à peu près parfaite : les radiations de la partie droite du spectre sont celles qui agissent le plus efficacement sur la migration des matières azotées, et en particulier du *gluten*, dans les grains de froment pendant la phase de maturation des épis; et comme elles provoquent ou favorisent la formation des albuminoïdes, on peut affirmer que leur action physiologique n'a pas moins d'importance que celle des radiations de la partie gauche du spectre, même au point de vue de la synthèse végétale.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Influence de la valence des métaux sur la toxicité de leurs sels.* Note de M. **Henri Micheels.**

Dans une série de six cristallisoirs, on verse 1000^{cm^3} d'une solution $\frac{5}{8}$ décinormale de NaCl dans l'eau. Le sel est chimiquement pur et l'eau a été

distillée dans un appareil en verre. Un des cristallisoirs sert de témoin, les cinq autres reçoivent respectivement 10^{cm^3}, 20^{cm^3}, 40^{cm^3}, 80^{cm^3} et 40^{cm^3} d'une solution $\frac{1}{64}$ déci-normale de $CaSO^4$. Dans le sixième cristallisoir, on fait passer, au moyen de deux électrodes en platine, le courant fourni par trois éléments de Daniell. A la surface des solutions se trouve un tamis d'étoffe à larges mailles sur lequel on a déposé des grains de froment qui ont, préalablement, séjourné pendant 24 heures dans l'eau distillée.

Au bout de quelques jours, les grains sont en voie de germination, et l'on constate que le poids moyen des plantules, ainsi que la longueur de leurs racines, sont d'autant plus considérables que la teneur en $CaSO^4$ est plus élevée. Dans le cristallisoir où passe le courant galvanique on remarque, par contre, un minimum de développement. Celui-ci y est toujours moindre que dans le témoin.

En remplaçant le $CaSO^4$ par un sel d'un autre métal bivalent, on obtient des résultats assez analogues. La quantité nécessaire pour obtenir le maximum de développement varie de l'un à l'autre. J'ai employé dans mes recherches, outre la solution $\frac{1}{64}$ déci-normale de $CaSO^4$, les solutions $\frac{1}{2}$ déci-normale de $SnCl^2$, déci-normale de $MgCl^2$, $\frac{1}{128}$ normale de $ZnSO^4$, $\frac{1}{64}$ déci-normale de $Pb(C^2H^3O^2)^2$ et déci-normale de $BaCl^2$.

Ces résultats permettent d'étendre au règne végétal les conclusions formulées par Jacques Lœb et ses collaborateurs (¹) au sujet de l'atténuation de la nocivité de la solution de NaCl pour les animaux marins par l'introduction de sels de métaux bivalents.

L'action d'un faible courant électrique nous montre, d'autre part, que la floculation arrête l'excitation favorable à la germination. Les mélanges employés semblent donc agir sur les graines à la façon des solutions colloïdales (²).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la genèse de matières protéiques par un microbe pathogène aux dépens de principes chimiquement définis.* Note de MM. **J. Galimard** et **L. Lacomme**, présentée par M. Armand Gautier.

Avec M. Morel, nous avons commencé il y a quelque temps (³) l'étude des cultures microbiennes en milieux chimiquement définis. Nous n'avons

---

(¹) *The American Journal of Physiology*, 1899-1902; *Pflüger's Archiv. f. die gesammte Physiologie*, 1900, 1902.

(²) Micheels, H. et De Heen, P. [*Bull. de l'Académie royale de Belgique* (*Classe des Sciences*)], nº 7, 1905.

(³) Galimard, Lacomme et Morel, *Comptes rendus*, 30 juillet 1906.

apporté à ce moment que des résultats très généraux indiquant seulement quelles étaient les espèces que nous avions réussi à cultiver en milieux relativement simples (acides aminés).

Aujourd'hui, nous apportons quelques faits plus précis concernant un microbe que nous avons cultivé dans un milieu dont l'azote a été fourni uniquement par du *glycocolle* et qui nous a donné quelques résultats intéressants. C'est le microbe de la diarrhée verte.

Le bacille conservé depuis plusieurs mois dans le laboratoire a été ensemencé dans ce milieu glycocollé à 1 pour 100; les autres éléments étaient constitués par ceux indiqués dans la formule générale donnée dans notre Note précédente. L'ensemencement a été fait en partant d'un milieu solide pour éviter ainsi le transport de matières albuminoïdes qui auraient pu être prélevées sur le substratum. Au bout de 4 jours à 37° la culture commença à se troubler et peu à peu devint très abondante.

L'examen microscopique fait au début ne nous montra aucun changement dans l'allure générale du bacille de la diarrhée verte. Sauf le retard, la culture, dans ce milieu chimiquement défini, se comporta d'une façon à peu près identique à celle que l'on observe en bouillon ordinaire.

Au bout de 119 jours, l'étude des modifications chimiques fut entreprise. Le volume était de 800$^{cm^3}$ contenant primitivement 8^g de glycocolle (soit 1^g,49 d'azote); réaction alcaline; réaction de Millon positive (négative avant l'ensemencement); traces d'ammoniaque.

Le *dépôt* constitué par des corps microbiens et des sels minéraux est centrifugé, recueilli, filtré et analysé. Il contient 0^g,0524 d'un corps azoté, soluble dans les alcalis et dans le chlorure de sodium; la réaction de Millon est positive.

Le *bouillon* séparé du dépôt est additionné de deux fois son volume d'alcool à 93°, il laisse déposer au bout de 24 heures un précipité floconneux qui est recueilli. Ce résidu dissous dans la soude diluée est précipité par l'acide chlorhydrique en excès, et ce traitement est renouvelé plusieurs fois. Finalement, la matière lavée à l'alcool est séchée; son poids est de 0^g,4714; elle présente toutes les réactions générales des matières protéiques, et est précipitée par leurs agents habituels de précipitation. Elle est insoluble dans l'eau, très soluble dans les alcalis étendus; elle donne les réactions de Millon et du biuret. Sa composition centésimale est la suivante :

C...........	44,97	pour 100
H...........	8,64	»
N...........	11,77	»
S...........	1,72	»
O...........	32,90	»

elle ne contient pas de phosphore.

Les eaux mères de sa purification contenant du chlorure de sodium sont précipitées par l'acide trichloracétique qui donne ainsi un précipité formé de la même substance protéique, mais à l'état de traces, une fois purifiée.

Après avoir débarrassé les eaux mères alcooliques, qui ont laissé déposer cette matière protéique de la plus grande partie des sels minéraux, le liquide est concentré, acidifié et épuisé à l'éther; celui-ci se charge d'une matière grasse qui, saponifiée, donne d'un côté des traces d'acide glycérophosphorique, de l'autre un peu d'un acide gras et d'une base voisine de la choline (cristaux de Florence).

L'épuisement par l'éther laisse un résidu aqueux qui contient du glycocolle non altéré. Nous l'avons retiré suivant la méthode de Ch.-S. Fischer [1] et caractérisé à l'état d'acide hippurique.

En résumé, étant parti d'un milieu de culture où n'entrait comme corps azoté que du glycocolle $CH^2.NH^2.COOH$, corps abiurétique, ne colorant pas le Millon, et l'ayant ensemencé avec le bacille de la diarrhée verte, nous avons pu recueillir des corps azotés beaucoup plus complexes dont nous avons pu faire une étude succincte.

Nous avons donc constaté que ce microbe élaborait une matière protéique, que nous pouvons rapprocher du groupe des mucines et des mucoïdes; de plus, au dépens du glycocolle ou de cette dernière substance, il formait un corps gras, probablement une lécithine, grâce aussi à la présence du glycérophosphate de chaux. Enfin, bien que la culture fût restée pendant 119 jours à l'étuve, une partie du glycocolle a pu être recueillie non altérée.

ZOOLOGIE. — *Sur une espèce nouvelle du genre Icticyon* (Speothos), *provenant de l'Équateur*. Note de M. **E.-L. Trouessart**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

M. le Dr Rivet, attaché à la Mission géodésique de l'Équateur, a rapporté, des hautes Andes de Quito, deux Carnivores d'un grand intérêt. Ils appartiennent au genre *Icticyon* (Lund), ou mieux *Speothos* (Lund) [2], dont on ne connaissait jusqu'ici qu'une seule espèce (*Speothos venaticus* Lund), de la Guyane et du Brésil, mais tellement rare dans les collections qu'un naturaliste affirmait récemment que tous les Musées d'Europe réunis n'en possédaient pas douze exemplaires.

Ce genre, classé par les modernes dans la famille des *Canidés*, présente des caractères si ambigus qu'on l'avait d'abord placé dans la famille des *Mustelidés*. La nouvelle espèce que je décris ici est encore plus instructive

(1) Ch.-S. Fischer, *Zeit. phys. Chem.*, t. XIX, 1894, p. 164.

(2) Le nom de genre *Speothos*, fondé sur une espèce fossile en 1841, a la priorité sur *Icticyon*, qui est de 1845.

à cet égard : au premier abord elle a beaucoup plus l'apparence d'un jeune Blaireau ou d'une Marte que celle d'un Chien ou d'un Renard; mais la dentition ne diffère de celle du genre *Canis* que par l'absence de la dernière tuberculeuse aux deux mâchoires, et les mœurs sont celles des Chiens; ces petits animaux chassent en troupe et c'est de là que vient le nom de *venaticus*. Au Brésil on les appelle « Chiens de buissons ».

L'espèce de l'Equateur présente un pelage tout à fait anormal dans la famille des *Canidæ* et très différent de celui de l'espèce du Brésil : ce pelage est laineux et très épais, comme celui du Kinkajou (*Potos*), des Sarigues (*Didelphys*) et des Makis (*Lemur*). Or, tous ces Mammifères nous représentent des types très primitifs et d'une haute antiquité. On peut les appeler des *types de survivance*.

Le genre *Speothos* est aussi un type très ancien et très probablement peu éloigné de la forme primitive des Chiens ou *Canidés*. Par ses caractères dentaires il se rapproche du *Cuon* (Hodgson) de l'Hindoustan, longtemps considéré comme la souche du Chien domestique, et surtout des genres *Oligobunis, Hyœnocyon, Temnocyon,* etc., décrits par Cope, et qui sont du Miocène de l'Amérique du Nord. Une espèce de la taille d'un Loup (*Speothos pacivorus*) vivait encore au Brésil dans le Pléistocène. En examinant le petit *Speothos* de l'Équateur, on peut même se faire une idée des *Cynodictis* (Bravard et Pomel), qui étaient si nombreux à l'époque Oligocène dans le sud de la France.

Voici la description de l'espèce nouvelle :

Speothos Riveti nov. sp. — Pelage laineux, fin, serré et moelleux (comme celui de *Potos flavus* et de *Caluromys laniger*), d'un gris souris assez clair avec des poils fins, noirs à pointe blanche, dépassant le reste du pelage sur le dos et la queue; ces poils forment sur la queue une sorte de crête et l'extrémité de cet organe porte une touffe noire; la queue est cylindrique, ou un peu atténuée à son extrémité. Face rousse passant au gris du dos vers l'occiput; le museau jusqu'en arrière des yeux est seul couvert de poils ras; l'arête du nez est grise et les moustaches noires, ainsi que le bord des lèvres. Oreilles, et une tache en arrière des oreilles, d'un roux vif avec une petite touffe blanche en avant du bord interne de l'oreille. Les pattes sont également d'un roux vif. Le dessous du corps est d'un gris roux blanchâtre. *Dimensions* (mâle jeune) : longueur de la tête et du corps, 450^{mm}; queue, 180^{mm}; tarse, 85^{mm}; oreilles, 55^{mm}.

Je rappelle que le *Speothos venaticus* a le poil couché et presque ras, d'un brun marron dessus et dessous, sauf le sommet de la tête et la nuque jusqu'aux épaules qui sont d'un gris roussâtre.

Habitat. — Le *Speothos Riveti* (deux spécimens, mâle et femelle) provient

d'Alchipichi, province de Pichincha (Equateur), altitude de 2101^m. L'espèce est dédiée à M. le Dr Rivet qui a enrichi nos collections nationales de cette intéressante espèce.

Le crâne présente les caractères du genre *Speothos* : brièveté relative de la région faciale et grand développement en avant des arcades zygomatiques. Malheureusement les deux spécimens jeunes dont il est ici question ont encore leurs dents de lait, dont la formule est exactement celle d'un jeune chien domestique; il est donc prudent de s'abstenir de toute considération sur les caractères que peut fournir cette dentition. Cependant certains indices me portent à supposer que, lorsque que l'on connaîtra l'adulte, ces caractères, joints à ceux fournis par la nature du pelage, permettront de considérer le *Speothos Riveti* comme le type d'un sous-genre distinct, pour lequel je propose le nom de MICROCYON.

ANTHROPOLOGIE. — *Influence du milieu géographique sur le développement de la taille humaine*. Note de M. EUGÈNE PITTARD, présentée par M. A. Laveran.

Ce n'est pas d'aujourd'hui que l'on discute l'influence du milieu géographique (nature du sol, altitude, orientation des versants, etc.) sur le développement de la taille humaine. La bibliographie de cette question est même assez étendue; mais la plupart des travaux sont d'un médiocre intérêt. On a trop souvent confondu les apparences avec les réalités. Or, comme rien n'est plus complexe, en Biologie, que la nature humaine et que l'homme est l'être qui échappe le plus à l'influence du milieu, on voit la difficulté du problème.

En 1868, Durand de Gros essaya franchement d'aborder l'étude de l'influence du milieu géographique. Il prit l'Aveyron comme champ d'observations. Il constata que l'homme du Causse en pays calcaire acquiert un développement remarquable de son système osseux. Il possède une taille plus élevée. Tout autre est l'Aveyronnais des pays cristallins : mauvaise denture, carie dentaire, formes sveltes et grêles, abaissement extrême de la taille dans certains cantons.

Ces phénomènes concernant l'homme s'observaient aussi chez les animaux; chez les taureaux, en particulier, issus d'un même lot et placés dans les deux milieux différents. Plusieurs auteurs ont suivi Durand; les uns pour appuyer ses vues; les autres pour les contester.

En réalité, la question reste pendante.

Pour l'élucider, nous avons choisi une région d'Europe qui paraît réaliser les meilleures conditions d'observations : le canton du Valais, en Suisse. Trois facteurs importants pour des modifications possibles s'y présentent avec netteté : l'altitude, l'orientation des versants, le milieu géologique. Et nous avons cet avantage énorme de pouvoir rapporter nos observations à un coefficient constant : la race.

Cette dernière, pour un espace restreint, est certainement une des mieux étudiées. Nos observations ont porté sur 3246 hommes.

I. *Influence du milieu géologique.* — Le canton du Valais est un complexus géologique, principalement sur la rive gauche du Rhône. L'arrangement de la rive droite étant plus simple, c'est le seul que nous conserverons. Dans ses grandes lignes la composition géologique est la suivante : micaschistes et gneiss de la Furka à la petite rivière Lonza. Tout le reste, jusqu'au coude du Rhône, est jurassique.

Nous laissons de côté des îlots de diverses natures inclus dans chacune de ces deux régions.

Le résultat de nos observations est le suivant :

Taille humaine (moyenne) sur les terrains cristallins = $1^{m},633$.

» » sur les terrains calcaires = $1^{m},621$.

II. *Influence de l'altitude.* — Cette prétendue influence a été signalée tant de fois dans un sens défavorable pour les régions les plus élevées, qu'à première vue elle paraît démontrée (Quetelet, Villermé, d'Orbigny, etc.). Pourtant divers auteurs (Livi pour l'Italie, Collignon pour la France, par exemple) ont montré que, si les régions de plaine possèdent les tailles humaines les plus hautes, ces dernières, après avoir diminué à une certaine altitude (dès 700^{m}), remontent quand on s'élève davantage.

Le Valais nous fournit des localités s'échelonnant de 380^{m} à 1936^{m}.

Nous avons divisé (pour tout le canton) l'altitude en cinq zones de 300^{m} chacune et voici ce que nous obtenons :

Jusqu'à 1000^{m} il n'y a pas diminution de la taille. De 1000^{m} à 1300^{m}, légère diminution ($0^{m},01$). De 1300^{m} à 1600^{m}, augmentation très sensible ($0^{m},03$).

Les hautes altitudes sont loin de faire diminuer la taille humaine comme on le pense généralement.

III. *Influence des versants.* — Deux grands versants dominent la Vallée du Rhône : les pentes méridionales des Alpes Bernoises (n° 1) bien ensoleillées, et le versant septentrional des Alpes Valaisannes (n° 2) qui l'est beaucoup moins (cet arrangement un peu simpliste est une image synthétique).

Versant n° 1..................	Taille humaine (moyenne) : $1^{m},628$
Versant n° 2..................	» : $1^{m},638$

C'est donc le versant le plus ensoleillé, celui qui paraît le plus favorable à l'habitation (il reste cependant d'autres facteurs à considérer) qui présente la taille humaine la moins élevée !

Il doit s'agir là d'un fait réel, car nous avons cherché s'il se répétait selon les diverses zones d'altitude. Il est semblable pour les trois premières. Il est inverse dans la quatrième, mais cette modification partielle d'un résultat général peut s'expliquer sans de trop grandes difficultés.

En résumant les constatations ci-dessus, on peut dire qu'à facteur ethnique sensiblement égal :

1° Le milieu géologique qui paraît le moins heureux (terrains cristallins) n'influence pas, dans un sens défavorable, le développement de la taille humaine;

2° Les hautes altitudes ne compromettent nullement le développement de la taille humaine;

3° L'influence des versants ne paraît pas se manifester dans le sens que l'on pourrait supposer. Il semblerait qu'un versant moins ensoleillé est moins apte à la vie. Dans le cas qui nous occupe, la taille humaine la plus élevée correspond au versant le moins favorisé.

Il reste maintenant à interpréter ces résultats : Deux facteurs importants de variations sont déjà presque éliminés : la race (homogénéité) et les conditions économiques, qui sont à peu près les mêmes partout.

Les conclusions ci-dessus pourraient se retourner contre une supposition admise partout : à savoir que le développement plus grand de la taille humaine marque un progrès organique. On a interprété l'augmentation de la taille comme une fonction de la misère physiologique moins grande due à l'ensemble des conditions économiques actuelles. Il est parfaitement possible que nous vivions sur une erreur et que le plus grand développement de la taille corresponde à une moins grande valeur organique moyenne. Les résultats ci-dessus n'auraient alors pas besoin d'autres interprétations.

ÉNERGÉTIQUE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la nutrition : bilan de l'azote et du chlorure de sodium.* Note (1) de M. M. **Letulle** et Mlle M. **Pompilian**, présentée par M. A. Dastre.

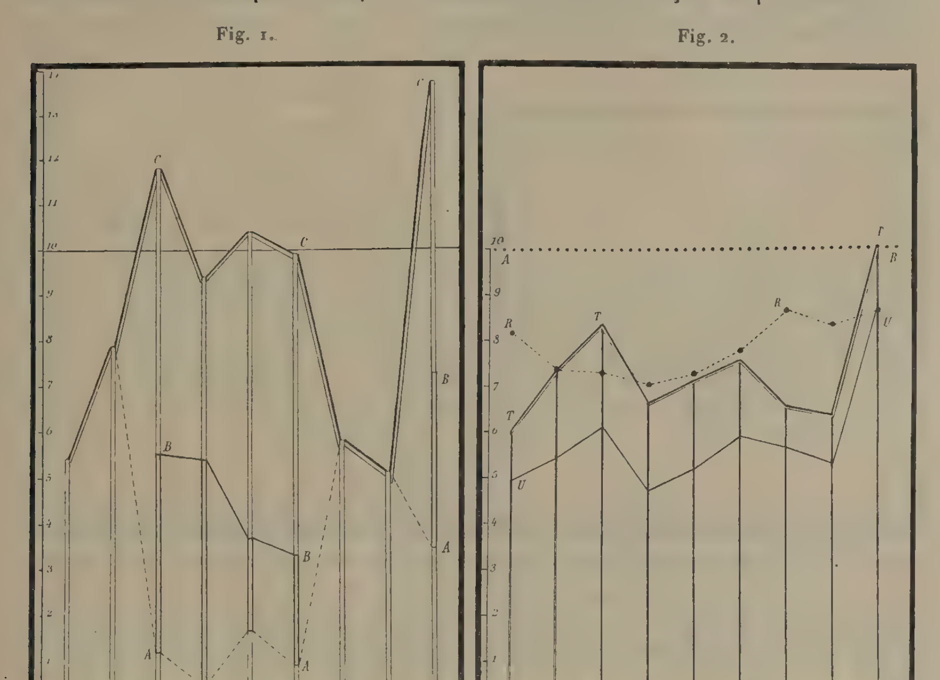
Pour déterminer les lois de la nutrition et par conséquent celles de l'alimentation de l'homme à l'état normal et à l'état pathologique, nous avons organisé à l'hôpital Boucicaut un laboratoire spécial pourvu de tous les

(1) Présentée dans la séance du 10 décembre.

appareils nécessaires à l'étude simultanée du chimisme alimentaire, des échanges respiratoires et de la chaleur dégagée.

Nous avons donné, dans une Note précédente, la description des principes sur lesquels est basée notre *chambre respiratoire calorimétrique*. Voici maintenant, d'une part, l'exposé sommaire de notre façon de procéder dans

Fig. 1. Fig. 2.



Azote des *ingesta*. Azote de l'urine.

Fig. 1. — *Azote des ingesta*. Sur l'axe des abscisses sont marqués les jours (9 jours); sur l'axe des ordonnées, les grammes d'azote ingéré. La courbe AA représente l'azote du lait; les colonnes AB, l'azote animal (viande); les colonnes BC, l'azote végétal. — La courbe CC représente les variations de l'*azote total* ingéré par une femme pendant 9 jours.

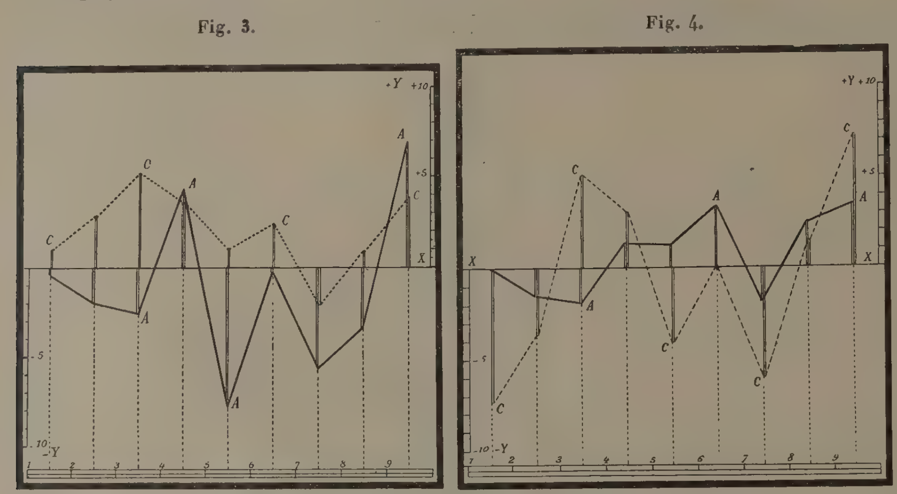
Fig. 2. — *Azote de l'urine*. La courbe TT représente l'azote total; la courbe UU, l'azote de l'urée; la courbe RR, le rapport azoturique. — La comparaison des figures 1 et 2 montre que, pendant les 3e, 4e, 5e, 6e et 9e jours, l'azote des ingesta étant en excès, il y a fixation d'azote par les tissus. L'équilibre azoté s'établit pour environ 6g d'azote par jour.

nos recherches sur la nutrition et, d'autre part, quelques résultats concernant les besoins de l'homme en matières azotées et en chlorure de sodium :

I. La durée de nos observations varie de 9 à 30 jours. On fait l'analyse de tous les *ingesta* et de tous les *excréta*. Avec les chiffres donnés par les

analyses, on construit des graphiques qui représentent d'une façon claire le bilan de la nutrition.

II. *Bilan de l'azote et du chlorure de sodium.* — 1. En général, les quantités d'azote et de chlorure de sodium éliminées varient avec les quantités ingérées. L'égalité ou l'équilibre entre les quantités ingérées et les quantités éliminées représente le *besoin physiologique*, qui s'évalue en grammes.



Courbes différentielles de l'azote et du chlorure de sodium.

Fig. 3 et 4. — *Courbes différentielles de l'azote et du chlorure de sodium.* Les abscisses représentent les jours; les ordonnées, les différences entre l'azote et le chlorure de sodium ingérés et excrétés. Les ordonnées positives représentent les quantités retenues par les tissus; les ordonnées négatives, les quantités perdues par les tissus. L'axe de X représente l'état d'équilibre entre les ingesta et les excréta. La courbe AA correspond à l'azote; la courbe CC correspond au chlorure de sodium. — La figure 3 se rapporte à une personne qui perd beaucoup d'azote et qui retient le chlorure de sodium; la figure 4 se rapporte à une personne qui perd beaucoup de chlorure de sodium.

2. Contrairement à l'opinion généralement admise, les besoins d'azote et de chlorure de sodium présentent des *caractéristiques personnelles,* qui peuvent varier de 1 à 2 pour l'azote et de 1 à 4 pour le chlorure de sodium.

3. Pendant l'inanition, le besoin d'azote diminue.

4. Après l'inanition, la destruction des matières azotées est faible, ce qui permet aux tissus de réparer les pertes subies pendant l'inanition.

5. L'équilibre azoté et chloruré des tissus s'établit par oscillations.

6. Le rapport azoturique présente aussi des caractéristiques personnelles.

III. Le problème de l'utilisation des matières albuminoïdes ne pourra être résolu que grâce à un ensemble de *recherches simultanées* portant sur les trois éléments fondamentaux de la nutrition : échanges solides et li-

quides, échanges respiratoires et échanges énergétiques (calorimétrie). Vu l'importance de ce genre d'études, l'un de nous (Mlle M. Pompilian) a décidé de créer un *Laboratoire de recherches* sur *la nutrition*, ouvert aux physiologistes français et étrangers, et pourvu, comme notre Laboratoire de physiologie pathologique, de tous les appareils nécessaires à l'étude simultanée du chimisme alimentaire, des échanges respiratoires et de la chaleur dégagée.

PHYSIOLOGIE. — *Appareil pour la chloroformisation.* (*Appareil Roth-Dræger, dosage d'oxygène de Guglielminetti*). Note de M. **Guglielminetti**, présentée par M. A. Dastre.

Dans plusieurs services de chirurgie de Paris, on a remplacé depuis 2 ou 3 ans l'ancienne compresse classique par des appareils de chloroformisation, qui sont les uns basés sur la méthode des mélanges titrés de Paul Bert (appareils Reynier et Ricard); les autres font respirer aux malades des mélanges *non titrés* de vapeurs de chloroforme dans de l'air oxygéné.

On se rappelle la théorie de Paul Bert :

Si l'on fait respirer à un animal un mélange titré d'air et de vapeurs de chloroforme (7g à 12g de chloroforme pour 100l d'air), cette vapeur se dissout dans le sang jusqu'à ce qu'elle y atteigne une tension équivalente à celle qu'elle possède dans l'air. Avec les mélanges titrés qui ne dépassent pas 12 pour 100 cet équilibre de tension correspondrait pour le sang à une dose de chloroforme anesthésique et non dangereuse.

Les chirurgiens n'ont pas accepté cette manière de voir. Pourquoi ? Tissot (1) en a donné la raison. D'après cet expérimentateur, l'équilibre stable dont parle Paul Bert ne se produit pas dans la narcose au chloroforme, mais un équilibre variable entre la vitesse de pénétration du chloroforme, et sa vitesse d'élimination, équilibre qui dépend principalement des modifications de la ventilation pulmonaire.

Ceci veut dire que, dans la méthode des mélanges titrés, le danger de la chloroformisation vient :

1° De l'inégalité de l'absorption du chloroforme par le tissu nerveux qui, à un moment déterminé, peut en avoir une surcharge, bien que physiquement on semble lui offrir un débit de chloroforme constant.

2° D'autre part, le tissu nerveux reçoit le chloroforme du sang; on peut

(1) *Comptes rendus*, 6 mars 1905.

alors supposer que l'inégalité d'absorption des tissus ne tient pas à l'inégalité de charge du sang en chloroforme.

3° A quoi tient cette inégalité de teneur du sang en chloroforme dans les cas où il s'agit d'accident? Cette inégalité tient aux irrégularités de la respiration, de sorte que, après avoir pris toutes les précautions pour régler l'administration de chloroforme en donnant un air exactement dosé, on livre en réalité aux tissus des quantités inégales de chloroforme.

Il faudrait donc, pour donner à la méthode des mélanges titrés sa valeur, assurer par un autre moyen la régularité de la ventilation pulmonaire.

On semble plus assuré de régler l'absorption du chloroforme par les tissus en donnant une quantité de chloroforme fixe dans un temps donné, comme le fait l'appareil Roth-Dræger que j'ai l'honneur de présenter. Dans cet appareil, quelle que soit l'activité respiratoire, la quantité de chloroforme qui arrive dans un temps donné aux tissus sera toujours la même. C'est un tout autre principe, la seule condition à remplir, c'est que l'administration du chloroforme se fasse dans des quantités égales dans des temps égaux, et assez petits par rapport à la durée des mouvements respiratoires.

La chute des gouttes de chloroforme dans cet appareil est absolument indépendante de l'amplitude des mouvements respiratoires et, par conséquent, celle-ci ne peut exercer une influence perturbatrice sur l'absorption du chloroforme.

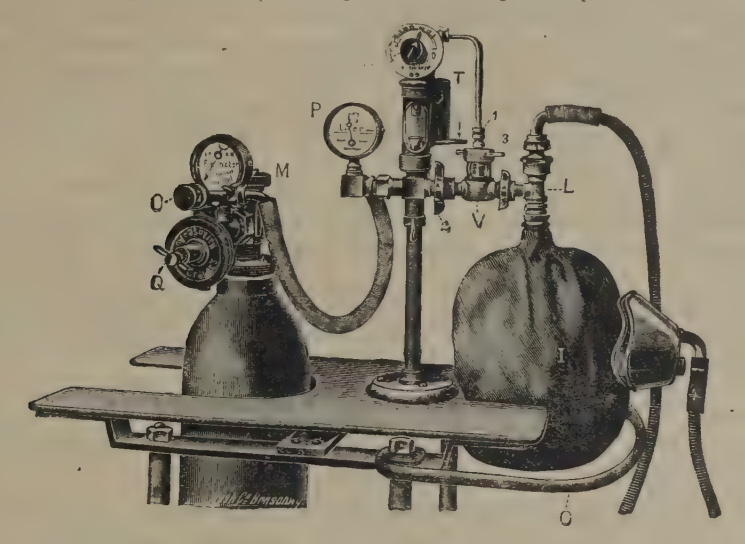
L'appareil se compose de deux parties :

1° Un tube métallique à oxygène comprimé muni d'un détendeur qui réduit la pression et permet de doser en litres la quantité d'oxygène qui s'écoule par minute. Cette partie de Guglielminetti vous a été présentée par M. d'Arsonval sur un appareil à inhalations d'oxygène et sur l'appareil respiratoire de sauvetage adopté par les Sapeurs-Pompiers de Paris.

2° La deuxième partie, celle de Roth, se compose d'un aspirateur et vaporisateur de chloroforme, et d'un masque à inhalations.

Voici comment fonctionne l'appareil : on ouvre le tube d'oxygène par sa soupape de fermeture M, un premier manomètre N indique la quantité d'oxygène contenue dans le tube. Pour laisser passer le courant d'oxygène dans l'appareil, on relève une manette O; un deuxième manomètre P indique la quantité de litres d'oxygène qui passe par minute. On règle généralement cette quantité à 3^l par minute au moyen de la vis à ailettes Q du détendeur. Le courant d'oxygène ainsi réglé passe par un tube filiforme et aspire, à la manière d'une pompe à eau, une quantité réglable de gouttes de chloroforme contenues dans un flacon indépendant T. On règle la chute de chloroforme par un robinet R. Ces gouttes de chloroforme, qu'on entend et qu'on voit tomber, s'évaporent

au contact de l'oxygène. Ce mélange d'oxygène et de vapeurs de chloroforme passe dans un sac de baudruche, et de là dans un masque métallique qui s'adapte sur le visage du malade. Dans ce masque, il y a une petite prise d'air et, selon la fréquence et l'amplitude des respirations, il y a une plus ou moins grande quantité d'air atmosphé-



rique qui se mélange dans le masque avec les vapeurs de chloroforme entraînées par l'oxygène. Le tube d'oxygène donnant 3^{l} par minute, le malade prend les 5^{l} d'air qui lui manquent pour faire les 8^{l} dont il a besoin par minute par cette petite ouverture. Ce n'est donc pas de l'oxygène pur que vous donnez au malade, mais un air oxygéné d'environ 50 pour 100. En plus, vous voyez que, si le mélange est titré dans le sac en baudruche, on ne peut plus parler d'un mélange titré dans le masque ni dans les organes respiratoires. Au devant du masque est une ouverture plus grande, fermée par une valve en mica, pour l'expiration; le jeu de cette valve s'accompagne d'un bruit sonore qui avertit constamment l'opérateur que la respiration fonctionne bien.

Des opinions très favorables sur l'utilité de cet appareil ont été exprimées par MM. Lucas-Championnière, Kirmisson, Quenu, P. Delbet, Pozzi, Schwartz, Reclus, Redard.

MÉDECINE. — *Sur la conservation du chloroforme et sur un dispositif indicateur de son altération accidentelle.* Note de MM. **Pierre Breteau** et **Paul Woog**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait que le chloroforme pur se décompose sous l'influence de l'air et de la lumière en acide chlorhydrique et en phosgène ; ce dernier produit est

éminemment toxique. Pour l'anesthésie, on doit donc employer du chloroforme rigoureusement rectifié, absolument exempt de produits de décomposition.

Jusqu'ici, pour empêcher l'altération du chloroforme, on a indiqué les procédés suivants : suppression absolue soit de l'air, soit de la lumière, ou encore addition de petites quantités d'alcool, de toluène, d'éther, de soufre, d'huile d'œillette.

Il nous a paru intéressant de rechercher si d'autres substances ne permettraient pas de conserver, à la lumière diffuse, du chloroforme, sans qu'il soit indispensable de le renfermer dans des flacons en verre coloré.

Parmi les très nombreuses substances qui ont été essayées, les suivantes sont particulièrement recommandables à la dose de 2 à 4 millièmes, c'est-à-dire dans les mêmes conditions d'emploi que l'alcool absolu, conservateur exclusivement employé jusqu'ici :

Essence de térébenthine, blanc de baleine purifié, menthol, terpinéol, citronellol, géraniol, salicylates de méthyle et d'amyle, gaïacol, thymol, safrol, ionone, aldéhyde méthylprotocatéchique.

Pouvant dès lors conserver du chloroforme dans des flacons en verre blanc, il devenait possible de mettre en évidence toute trace de décomposition accidentelle à l'aide d'un indicateur coloré.

Sachant que la plus légère altération du chloroforme se manifeste par l'apparition de produits chlorés acides, nous avons d'abord observé que, entre autres produits, le rouge Congo, le vert de méthyle, la cyanine ou l'éosine en solution alcoolique pouvaient, par virage ou décoloration, servir d'indicateurs très sensibles. Si, à quelques centimètres cubes de chloroforme ayant subi un commencement d'altération, on ajoute une seule goutte de solution saturée de rouge Congo dans l'alcool absolu, on obtient instantanément le virage au bleu, alors que le nitrate d'argent en solution aqueuse ne donne pas encore la moindre opalescence. Dans les mêmes conditions, le vert de méthyle, la cyanine et l'éosine se décolorent.

On pouvait donc songer à utiliser ces matières colorantes comme indicateurs inclus à demeure dans le chloroforme en employant un support convenable n'altérant pas le chloroforme. Le vert de méthyle, la cyanine et l'éosine furent abandonnés comme trop sensibles à l'action de la lumière. La cellulose teinte avec le rouge Congo fut rejetée pour le même motif. Nous avons été assez heureux pour trouver dans la moelle de sureau colorée par du rouge Congo l'indicateur recherché. La moelle de sureau, en effet, loin d'altérer le chloroforme, assure au contraire dans une certaine mesure sa conservation. Le rouge Congo, réparti par teinture légère sur une petite rondelle de moelle de sureau en contact avec le chloro-

forme, réagit instantanément avec une très grande sensibilité sous l'action des produits d'altération, et cela contre toute attente, car le rouge Congo est absolument insoluble dans ce dissolvant.

La sensibilité de cet indicateur est telle que notamment la petite quantité de vapeur de chloroforme venant au contact de la pointe chauffée pour le scellement d'une ampoule suffit à produire un virage immédiat, ce qui indique la formation de produits de décomposition insoupçonnés jusqu'ici; on ne peut parer à cet inconvénient qu'en effectuant le scellement après avoir abaissé la tension de vapeur du chloroforme en le refroidissant au-dessous de zéro ou en interposant dans le col de l'ampoule à sceller une cloison suffisamment étanche (par exemple un tampon de moelle de sureau) empêchant la vapeur de chloroforme d'atteindre le point chauffé.

Il est donc possible désormais de connaître à tout instant l'état de conservation d'un chloroforme destiné à l'anesthésie en utilisant l'indicateur proposé, ce qui constitue certainement une plus grande sécurité pour le chirurgien qui emploie cet anesthésique.

MÉDECINE. — *Action physiologique de la résine d'Euphorbe.* Note de M. L. **Pénières**, présentée par M. d'Arsonval.

La résine d'Euphorbe, injectée dans les tissus en fine émulsion à doses infinitésimales, exerce sur la nutrition de ces tissus une action remarquable: elle les décongestionne, détermine une ischémie de la circulation rouge, tandis qu'au contraire elle exalte la circulation blanche, la précipite, amène une tension des vaisseaux lymphatiques jusqu'aux ganglions.

Cette double action de sédation de la circulation rouge et de la surexcitation de la circulation blanche, se traduisant par une dénutrition traumatique des tissus injectés, nous a conduit à des applications thérapeutiques intéressantes.

Les corps fibreux de l'utérus qui se développent dans un parenchyme très vasculaire déterminent des hémorragies graves qui appellent l'intervention chirurgicale.

Nous avons traité tous les cas qui se sont présentés à notre observation par des injections d'Euphorbe dans le col utérin; la perte de sang s'arrêtait en même temps qu'un changement d'état se produisait dans le corps fibreux lui-même. Il était frappé d'arrêt de développement; non seulement il cessait de croître, mais il entrait en régression et tendait à disparaître: l'Euphorbe avait rendu l'opération superflue.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la nature du virus vaccinal.* Note [1] de MM. M. **Nicolle** et **Adil-bey.**

Lorsque l'agent pathogène d'une maladie échappe aux moyens les plus parfaits d'examen microscopique, on doit, à l'heure actuelle, se demander si l'on n'a pas affaire à l'un des organismes dits *invisibles*, comme celui de la fièvre aphteuse et celui de la péripneumonie, organismes qui traversent les cloisons poreuses.

C'est la question que nous nous sommes posée pour le microbe, encore inconnu, de la vaccine. Guidés par des recherches antérieures et munis de procédés nouveaux d'investigation, nous pensions pouvoir résoudre le problème et les expériences nous ont donné raison.

Nous avons d'abord constaté que les émulsions de pulpe vaccinale, même rendues modérément troubles par divers procédés, perdaient leur activité après passage par la bougie Berkefeld (la plus perméable de toutes). Elles la perdaient également après passage par la même bougie suffisamment usée pour ne pas permettre la traversée des bactéries *ordinaires*, tout en laissant passer certains microbes *invisibles*. Nous avons conclu de ces recherches que nos émulsions ne contenaient pas assez de germes libres. Persuadés d'ailleurs que tous ou presque tous les microbes de la vaccine sont normalement renfermés dans les leucocytes, nous avons immédiatement songé à utiliser la digestion pancréatique pour les libérer. Ce tour de main a parfaitement réussi. Voici trois expériences qui le démontreront.

Expérience I. — Le 3 février 1900, on broie de la pulpe vaccinale fraîche avec partie égale d'eau. On prend 1^g de la masse et on le dilue dans 400^{cm^3} d'une solution faiblement alcaline de pancréatine (1 pour 200). On fait digérer 5 heures à 38°. On filtre plusieurs fois sur papier, puis, par aspiration, sur une bougie Berkefeld dont la paroi a été réduite par usure à $4^{mm},25$ à 6^{mm}. On éprouve cette bougie en faisant passer 150^{cm^3} d'un mélange de bouillon et d'eau de conduite ($\overline{aa}$). Ce mélange se montre stérile.

L'émulsion filtrée est concentrée dans le vide, sur SO^4H^2, pendant 23 heures à 30°. Elle se trouve réduite au sixième. On ajoute 1^{cm^3} de glycérine et l'on inocule tout le liquide à un veau d'un an (race de Crimée). L'inoculation est pratiquée de la manière suivante : on fait 700 scarifications et l'on badigeonne la surface cutanée (scarifiée et non scarifiée) avec un gros pinceau aplati trempé dans le liquide (4 février 1900).

---

[1] Contenue dans le pli cacheté n° 6219 déposé le 11 juin 1900.

Le cinquième jour, on remarque une centaine de vésicules miliaires, principalement au niveau des scarifications. On les gratte pour faire de la pulpe glycérinée. Cette pulpe est inoculée, le 10 février, par 26 scarifications, à un veau d'un an (race d'Anatolie). L'inoculation donne un résultat positif : les 26 scarifications sont le siège de magnifiques pustules.

Le septième jour, sur les points grattés, apparaissent 3 vésico-pustules petites, mais types. Le neuvième jour, on remarque (toujours sur les points grattés) 12 grandes pustules et 30 petites.

Il ne saurait y avoir de doute sur le passage du virus à travers la bougie. L'éruption est demeurée pauvre, parce que le nombre des germes était peu abondant (faut-il admettre une atténuation par la pancréatine? cela est fort possible). Notons un fait que nous retrouvons dans la suite : l'auto-inoculation véritable de l'animal par grattage de vésico-pustules chétives, auto-inoculation due à l'immunité incomplète déterminée par l'âge et la médiocrité de l'éruption.

Expérience II. — Le 19 mars 1900, on broie 1^g de pulpe, conservée 6 jours dans la glacière, avec 1^g de sable fin, et l'on ajoute, peu à peu, 30^{cm^3} d'eau physiologique. On laisse déposer et l'on décante les $\frac{2}{3}$ supérieurs de l'émulsion, qui sont dilués dans 500^{cm^3} d'une solution de pancréatine. On fait digérer 5 heures à 38°. On étend à 1^l avec de l'eau physiologique, on passe sur papier en employant un tour de main spécial (¹). On filtre sur une bougie Berkefeld, dont la paroi a été réduite à $3^{mm},5$ à $6^{mm},5$. On éprouve la bougie en faisant passer 250^{cm^3} d'un mélange de bouillon et d'eau de conduite ($\overline{cc}$). Ce mélange demeure stérile. On concentre le filtrat, en lui faisant traverser une petite bougie spéciale, tendre et à pores très serrés, construite, d'après nos indications, par la Manufacture Royale de porcelaine de Saxe.

Le 20 mars, on gratte la surface externe de la bougie de Saxe, on dilue dans 5^{cm^3} de liquide physiologique et l'on ajoute 4 gouttes de glycérine. Le tout est inoculé à un veau d'un an (mixte : gris-Crimée) par 100 scarifications.

Le huitième jour, 20 vésico-pustules chétives, qui sont grattées pour faire de la pulpe glycérinée. Cette pulpe est inoculée le 29 mars, par 10 scarifications, à un veau d'un an (race d'Anatolie). L'animal présente une éruption type dans les délais habituels.

Le quatorzième jour, sur un des points grattés, apparaît une pustule volumineuse.

Expérience III. — Le 20 avril 1900, on broie 1^g de pulpe, conservée 20 heures dans la glacière, avec un peu d'eau physiologique. On dilue dans 500^{cm^3} de solution pancréatique. On fait digérer 4 heures et demie à 37°-38°. On passe sur papier (*ubi suprà*). On filtre sur une bougie Berkefeld, dont la paroi a été réduite à 4^{mm}. La bougie, éprouvée, se montre imperméable aux germes *ordinaires*. On concentre le filtrat sur bougie de Saxe.

Le 21 avril, on gratte la surface externe de la bougie, on dilue dans $1^{cm^3},5$ de liquide physiologique et l'on ajoute 5 gouttes de glycérine. On inocule le tout à un veau d'un an (race de Crimée) par 50 scarifications.

(¹) « Collage » par le phosphate de chaux gélatineux (renvoi omis lors de la rédaction de cette Note).

Le sixième jour, apparition de deux petites vésico-pustules, qui sont grattées et additionnées de glycérine. Le dixième jour, les deux pustules grattées ont augmenté de volume et se montrent caractéristiques; il s'en est développé 6 autres aux environs et 2 à distance de la zone grattée. On recueille la pulpe de toutes ces pustules et, après l'avoir mêlée à celle du sixième jour, on inocule un veau d'un an (mixte : gris-Crimée) par 20 scarifications. L'animal présente une éruption classique.

. . . .

Les trois expériences qui précèdent démontrent bien que le microbe de la vaccine traverse la bougie Berkefeld dans des conditions où les autres bactéries se trouvent retenues. Elles démontrent aussi la nécessité de libérer l'agent pathogène intra-leucocytaire à l'aide de la pancréatine, car ces mêmes expériences, répétées de façon très variée, avec des émulsions non soumises à l'action digestive, ont toujours donné des résultats négatifs.

L'emploi de bougies usées nous a été suggéré par divers motifs : nature peu favorable du liquide à filtrer, appauvrissement de ce liquide par les manipulations auxquelles il a été soumis, appauvrissement par la filtration. En effet, on ne saurait, selon nous, demander à la meilleure des *filtrations électives* de laisser passer un très grand nombre de germes *invisibles*. Si nous possédions un moyen de culture (comme cela a lieu pour le microbe de la péripneumonie) ou des modes d'infection autres que le seul permis dans la vaccine [1] (comme c'est le cas pour la péripneumonie et la fièvre aphteuse), nous pourrions abandonner sans doute l'usure des bougies et à coup sûr la concentration.

Nous faisons en ce moment des recherches avec les bougies normales, en substituant la pression à l'aspiration.

Donc nous avons réussi à obtenir un liquide vaccinal absolument pur, quoique pauvre en germes. Ce résultat constitue un point de départ très important pour la culture de l'organisme de la vaccine.

BACTÉRIOLOGIE. — *Causes d'altération des beurres. Contrôle bactériologique de la fabrication*. Note de M. **Mazé**, présentée par M. E. Roux.

La valeur marchande des produits des industries de fermentation s'établit généralement par la dégustation.

---

[1] Mode dans lequel le plus grand nombre des germes mis en contact avec la peau se trouve forcément perdu, à l'inverse de ce qui arriverait pour une inoculation *fermée*.

L'analyse chimique ne peut jusqu'ici fournir sur ce sujet des renseignements bien utiles. C'est une question de goût, de mode, d'éducation aussi, autrement dit quelque chose dont on ne peut pas discuter.

Mais un goût bien déterminé, c'est-à-dire un ensemble de caractères organoleptiques étant admis par le consommateur, il s'agit de l'obtenir à volonté, et de le fixer pour une durée suffisamment longue. Voilà le double but qui constitue la préoccupation constante du fabricant de beurre en particulier. J'indiquerai ici les difficultés avec lesquelles il se trouve aux prises et j'établirai la possibilité d'une méthode de contrôle bactériologique de la fabrication.

Si l'on ne considère que les conditions qu'une fabrication rationnelle doit réaliser, il est facile, d'après les indications de la théorie d'obtenir un produit de bonne qualité. Il suffit de débarrasser la crème par la pasteurisation des bactéries nuisibles qu'elle renferme, et de l'ensemencer ensuite avec de bons ferments lactiques.

Mais dans la pratique, l'application de ce procédé rencontre bien des difficultés ; la pasteurisation, telle qu'elle se pratique, est insuffisante. L'entretien des levains de ferments lactiques purs est délicat ; les praticiens ne sont pas des bactériologistes et ils ignorent sinon la contagion, du moins les causes multiples qui la provoquent.

De plus, les eaux de lavage introduisent trop fréquemment dans le beurre les mauvais germes qu'on s'était appliqué à éliminer.

Il en résulte que le beurre, irréprochable pendant les deux ou trois jours qui suivent sa préparation, s'altère peu à peu on ne sait trop pourquoi, et acquiert rapidement un goût désagréable de rance.

Les agents de la rancissure sont connus, ce sont : la lumière, l'oxygène, les microbes.

Il est facile de mettre le beurre à l'abri de la lumière et de l'oxygène; on peut le protéger contre l'action des microbes par l'addition de conservateurs, ou par le froid ; mais il arrive toujours un moment où les ferments reprennent leur activité soit pendant le transport, soit chez le débitant ou le consommateur.

On a pensé que l'action des bactéries portait directement sur les matières grasses; le plus souvent il n'en est rien ; il suffit d'ailleurs de regarder un peu du côté des huiles et des matières grasses animales, produits généralement purs, pour se convaincre de leur résistance aux actions microbiennes; les matières grasses du beurre ont une composition analogue, et si celui-ci s'altère si vite c'est parce qu'il renferme beaucoup de substances étrangères facilement altérables (caséine, sucre de lait, sels minéraux).

Les actions microbiennes dans le beurre intéressent seulement ces substances et les matières grasses ne sont atteintes que par ricochet; l'empirisme a d'ailleurs trouvé un procédé de conservation dans le chauffage et

la fusion dont le résultat n'est en somme, le plus souvent, qu'une purification.

Si l'on veut bien penser (et ces faits sont évidents aujourd'hui) que la caséine, le sucre de lait, l'acide lactique même à une faible concentration peuvent produire, par voie de fermentation, de l'acide butyrique et de l'acide valérianique; que les ferments capables de donner naissance à ces deux corps, à l'abri de l'oxygène, existent dans le lait et dans l'eau, on s'explique aisément le mécanisme de la rancissure et l'on conçoit le moyen de l'éviter, car les ferments lactiques, quoique ne restant pas inactifs dans le beurre, ne peuvent être qu'utiles, exactement comme dans la crème.

Mais on a le droit de se demander pourquoi, dans ces conditions, le beurre n'est pas toujours rance; la raison en est simple : les ferments lactiques ordinaires de la crème, plus prolifiques que les bactéries nuisibles, empêchent l'évolution de celles-ci par l'acide lactique qu'ils produisent aux dépens du sucre de lait et de la caséine.

Elles reprennent leur activité dans le beurre parce que les lavages enlèvent la plus grande partie de l'acide lactique.

De là un moyen tout indiqué de laver avec de l'eau filtrée sur bougie, et, en dernier lieu, additionnée d'une quantité d'acide lactique compatible avec les qualités que l'on réclame du beurre (environ $0^g,5$ à 1^g par litre). La précaution est légitime puisque l'acide lactique est un produit normal du beurre.

Mais ce n'est qu'un palliatif, car beaucoup de microbes s'accommodent fort bien de cette acidité. Le seul moyen de produire un beurre susceptible de se conserver, c'est de conduire la fabrication d'après les indications données; mais personne n'est en mesure d'affirmer, sans un examen bactériologique consciencieux, que la crème la mieux pasteurisée par les procédés actuellement en usage ne renferme pas de bactéries nuisibles, que le levain n'a pas été contaminé, que les eaux de lavage n'apportent pas de germes dangereux.

Cet examen est-il à la portée des industriels?

A cette question je n'hésite pas à répondre oui. L'œil le moins exercé peut distinguer les cultures de ferments lactiques sur des milieux solides de celles qui sont fournies par les microbes nuisibles. L'aspect des premières est tellement caractéristique qu'il n'est pas possible de s'y tromper.

Il en résulte que le praticien informé, disposant de tubes préparés

d'avance et d'un fil métallique flambé, peut faire lui-même ce contrôle très simple.

Il est d'ailleurs facile de constituer une petite collection de tubes flambés, fermés à la lampe, assurés par conséquent d'une conservation de plusieurs années, qui mette les industriels en mesure de donner à leur interprétation toute la rigueur désirable.

Si cet examen lui révèle la présence d'espèces nuisibles, il peut trouver l'origine du mal en vérifiant l'efficacité de la pasteurisation, la pureté du levain, la qualité des eaux, et même, au besoin, la stérilisation des ustensiles.

Le renseignement fourni par les cultures ne devient effectif qu'au bout de 24 heures à la température de 25°-30°. Si on les conserve quelques jours, les indications sont tout à fait instructives.

Je suis convaincu que les industriels s'intéresseront beaucoup à cette méthode de contrôle, car c'est le seul procédé qui parle aux yeux, qui mette en évidence d'une façon frappante les défectuosités ou les perfections du travail, contre ou pour lesquelles ils luttent jusqu'ici en aveugles, lorsque ce n'est pas en ignorants.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique de la région de Chézery (Ain).* Note de M. **Attale Riche**, présentée par M. Michel Lévy.

Le *val de Chézery* est situé entre l'anticlinal du Reculet et l'anticlinal du Crêt de Chalam. Il correspond à une partie du *synclinal de la Valserine*, sur laquelle la retombée occidentale de la chaîne du Reculet s'est écroulée, grâce à un renversement brusquement accentué de ses couches, aidé par la présence d'une importante ligne longitudinale de rupture.

Au nord, le val de Chézery s'arrête en un point où ladite retombée est plus faiblement renversée et où la chaîne du Reculet offre une allure extérieure normale. Au sud, il est limité par une autre ligne de rupture, de direction oblique, convergeant au sud vers la première et le séparant du petit massif de Mantière. Cette limite méridionale du val de Chézery est aussi brusque que nette. Il en est tout autrement de la limite septentrionale, où l'érosion a déterminé la formation d'un vallon secondaire et d'un profond ravinement (*creux du Reculet*), séparés l'un de l'autre par un promontoire dont les bancs, légèrement renversés, dépendent de la retombée occidentale, du Reculet coupée longitudinalement par la première ligne de rupture indiquée.

La retombée orientale de l'anticlinal du Crêt de Chalam est formée par une longue série débutant, dans la combe culminante, par les marnes du Lias moyen et se terminant, à 800^m d'altitude inférieure, au bord de la Valserine, par l'Urgonien qui diminue brusquement son fort plongement pour former le pli synclinal. L'Urgonien supporte une Mollasse argileuse et glauconieuse dépendant sans doute de la base du Miocène. Cette Mollasse constitue le substratum normal du fond du val de Chézery.

Le versant occidental de la chaîne du Reculet, au niveau du val de Chézery, est formé par les têtes de bancs de la partie supérieure de la retombée orientale. La série mise à nu descend du Ptérocérien coralligène de la crête, au Bajocien butant contre la ligne longitudinale de rupture, d'autre part de laquelle affleure la Mollasse miocène. Quant à la retombée occidentale de l'anticlinal du Reculet, dont un renversement trop accentué a déterminé l'écroulement, il en subsiste de nombreux témoins. En descendant de ladite *ligne de rupture*, vers la Valserine, on coupe d'abord le Bajocien renversé sous lequel se trouve le Bathonien que supportent des lambeaux d'Oxfordien. Les traces des étages supérieurs ont à peu près complètement disparu. Toute cette partie renversée, plus ou moins conservée suivant les points, repose sur le Miocène du synclinal.

La ligne de rupture qui sépare le val de Chézery du massif de Mantière possède une *direction oblique* relativement à celle des plis de la région. En remontant la gorge de Forens, cette ligne coupe obliquement l'*anticlinal du Crêt de Chalam* et, au delà de l'axe de celui-ci, tourne vers le Nord pour prendre la direction des affleurements de la retombée occidentale de cet anticlinal.

Cette rupture de l'anticlinal du Crêt de Chalam est accompagnée d'un *rejet bien marqué de son axe* vers le Sud-Est. La partie détachée par ladite *ligne de rupture* offre une allure tectonique des plus curieuses. Son axe, en tournant, part de la direction Nord-Nord-Est, passe insensiblement par celles Nord, puis Nord-Ouest, en traversant la gorge de la Valserine, pour finir par Ouest-Nord-Ouest en butant contre une ligne de rupture secondaire, parallèle à sa direction première.

Le massif de Mantière est nettement limité par trois lignes de rupture. A l'Est s'étend la grande ligne longitudinale de rupture de la chaîne du Reculet, laquelle continue vers le Sud en longeant le massif surélevé du Grand-Credo. Au nord, la ligne transversalement oblique de rupture de la chaîne du Crêt de Chalam sépare le massif de Mantière du val de Chézery et va se réunir à la ligne de rupture précédente. A l'Ouest, une ligne secondaire de rupture part de ladite ligne oblique, marche à peu près parallèlement au cours de la Valserine, en séparant le massif de Mantière de la terminaison de l'anticlinal du Crêt de Chalam. Au Sud, le massif de Mantière paraît s'enfoncer sous les alluvions du plateau de Confort.

L'allure tectonique du massif de Mantière est celle d'un *synclinal* dont l'axe, situé sur le côté oriental, suit parallèlement et de près la grande ligne de rupture de l'anticlinal du Reculet-Credo. La remontée occidentale de ce synclinal est au contraire très

développée; elle est formée par les étages s'étendant du Virgulien à l'Urgonien. On trouve en outre, dans l'axe, le Gault et des formations d'âge tertiaire.

Le massif synclinal de Mantière occupe une position fort bizarre. Il est évidemment, à l'égard de la chaîne du Reculet, l'équivalent ou le prolongement indirect du synclinal du val de Chézery qui s'étend plus au Nord. Mais il se rattache, en outre, intimement à la chaîne du Crêt de Chalam. J'ai dit que celle-ci, dans sa partie terminale, subit un rejet de son axe vers le Sud-Est. L'axe du synclinal de Mantière est, en effet, rejeté au Sud-Est par rapport à celui du synclinal de Chézery. D'autre part, la torsion de la terminaison de l'anticlinal du Crêt de Chalam atténue considérablement en cet endroit la retombée orientale de cet anticlinal, alors que sa retombée occidentale est si développée dans la direction du Sud.

De l'exposé de ces faits, nouveaux pour le Jura oriental, il résulte que les *mouvements orogéniques* ont été particulièrement *intenses* dans la région de Chézery. La chaîne du Reculet, exagérant en ce point l'amplitude de son *renversement,* a vu sa retombée *s'écrouler* sur le sol synclinal de Chézery. La chaîne du Crêt de Chalam, d'autre part, a subi dans sa partie terminale une *rupture* transversalement oblique, accompagnée d'un *décrochement* très net et d'une *torsion* de 90° vers l'Est. Dans ce mouvement, l'extrémité de cette dernière chaîne *a perdu* une portion notable de cette retombée orientale, laquelle s'est glissée, comme un *coin,* entre le front tronqué de cette chaîne et la ligne de rupture longitudinale de l'autre chaîne plus orientale. Le massif de Mantière joue ainsi le rôle d'un véritable *tampon* entre ces deux anticlinaux dont l'un converge vers l'autre. La chaîne du Reculet-Credo, elle-même, accuse le contre-coup de cette poussée par la *déviation* vers l'Est qu'elle subit au niveau du massif de Mantière.

M. R. Chalvet adresse une Note intitulée : *Nouvelle classification des corps simples en fonction des poids atomiques.*

(Renvoi à la Section de Chimie.)

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 19 novembre 1906.

(Suite.)

Independent day-numbers for the years 1908 *and* 1909 *as used at the Royal Observatory Cape of Good Hope*. Londres, 1905-1906; 2 fasc. in-8°.

Report of his Majestys Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Admiralty, for the year 1905. Londres; 1 fasc. in-4°.

Atlas geologiczny Galicyi; zeszyt XVII; Carta : *Skole* (X, 8), opracowal Prof. Dr Rudolf Zuber. Cracovie, 1905; texte, 1 fasc. in-8°; Carte, 1 fasc. in-4° oblong.

The Institution of mechanical Engineers : Proceedings, 1906, parts 1-2. Londres; 1 vol. in-8°.

Transactions of the clinical Society of London; Vol. XXXIX. Londres, Longmans, Green et Cie, 1906; 1 vol. in-8°.

Annales médicales et Bulletin de statistique de l'hôpital d'enfants « *Hamidié* »; 4e, 6e et 7e années. Constantinople; imp. Osmanié, 1903, 1905, 1906; 3 vol. in-4°.

Ueber das Wesen und die Heilbarkeit des Krebses, von Dr Karl Laker, mit einer Abbildung. Leipzig et Vienne, Franz Deuticke, 1906; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Le Prof. Dr R. Geigel adresse en hommage, de Wurtzbourg, une série de 10 Opuscules sur divers sujets de Médecine et de Chirurgie.

Ouvrages reçus dans la séance du 26 novembre 1906.

Nota sobre algunos vegetales terciarios de Cataluña, por P. Fliche, Correspondant de l'Institut. (Extr. du *Boletin de la Com. del Mapa geologico de Espana,* 2e série, t. VIII.) Madrid, 1906; 1 fasc. in-8°.

Les erreurs de la Carte de France. (*Cahiers du Service géographique de l'Armée,* n° 25.) Paris, 1906; 1 fasc. in-8°.

Theory and construction of tables for the rapid determination of the prime factors of a number, by professor Ernest Lebon. (Extr. du *Bull. of the Americ. math. Soc.,* 2e série, vol. XIII, n° 2, p. 74-78, novembre 1906.) New-York; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Annales de l'Observatoire d'Astronomie physique de Paris, sis Parc de Meudon (Seine-et-Oise), publiées par J. Janssen, Directeur de l'Observatoire; t. III, 1er fascicule. Paris, Gauthier-Villars, 1906; 1 fasc. in-4°.

Accidents oculaires consécutifs à l'observation des éclipses de Soleil, revue histo-

rique et critique avec dix observations nouvelles, par le Dr A. BEAUVOIS. (Extr. du *Recueil d'Ophtalmologie,* mai-juin 1906.) Paris, Félix Alcan, 1906; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Notice sur l'Observatoire et sur quelques observations de l'éclipse du 30 *août* 1905, par le P. R. CIRERA. (*Mémoires de l'Observatoire de l'Èbre,* sis à Roquetas, dépendant du Collège d'Études supérieures de la Compagnie de Jésus, de Tortosa; n° 1.) Barcelone, 1906; 1 fasc. in-4°.

Solar Physics Committee. Tables of wave-lengths of enhanced lines, compiled from investigations made at the Solar Physics Observatory, South Kensington, under the direction of Sir NORMAN LOCKYER. Londres, 1906; 1 fasc. in-4°.

Institut aérodynamique de Koutchino, par D. RIABOUCHINSKY. Saint-Pétersbourg, 1905; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Bulletin de l'Institut aérodynamique de Koutchino, fasc. 1. Saint-Pétersbourg, imp. R. Golcike et A. Wilborg, 1906; 1 fasc. in-8°.

Ergebnisse der Arbeiten des königlich preussischen aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg im Jahre 1905; Bd. I, mit zahlreichen Textfiguren und Tafeln; herausgegeben v. Dr RICHARD ASSMANN, Director. Brunswick, Friedrich Vieweg et fils, 1906; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 3 DÉCEMBRE 1906.

Récolte et conservation des Diptères, particulièrement des espèces qui piquent pour sucer le sang, par M. E.-L. BOUVIER, Membre de l'Institut. (Extr. des *Annales de l'Institut Pasteur,* t. XX.) Paris, Masson et Cie, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Mission d'études de la maladie du sommeil : I. *Organisation de la Mission.* II. *Instructions pour les recherches à effectuer au Congo français par la Mission française de la maladie du sommeil,* rédigées au nom de la Commission française de l'Association scientifique internationale d'Agronomie coloniale, par MM. BOUVIER, GIARD et LAVERAN, Membres de l'Académie des Sciences. Paris, imp. F. Levé, 1906; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Bouvier.)

Notes on the life history of british flowering plants, by the right hon. Lord AVEBURY, P. C. Londres, Macmilland et Cie, 1905; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Gaston Bonnier. Hommage de l'auteur.)

Questions d'hygiène publique liées à l'exploitation des tramways de Valenciennes, par A. MANOUVRIEZ. Lille, Le Bigot frères, 1906; 1 fasc. in-8°.

Évian station d'été pour les arthritiques nerveux, par M. A. MANOUVRIEZ. Paris, Jules Roussert, et Valenciennes, Lemaître, 1906; 1 fasc. in-8°.

Johan Kaspar Zeuss zum hundertjährigen Gedächtniss, Festrede..., von ERNST KUHN. Munich, 1906; 1 fasc. in-4°.

Cerebra simiarum illustrata. Das Affenhirn in bildlicher Darstellung, von Prof. Dr GUSTAF RETZIUS, mit 67 Tafeln. Stockholm, 1906; 1 vol. in-f°. (Hommage de l'auteur.)

Antarctic Botany : Its present state and future problems, by R.-N. RUDMOSE BROWN, B. Sc., scottish national antarctic Expedition. (Extr. de *The scottish geographical Magazine,* septembre 1906.) 1 fasc. in-8°.

Études sur la Faune mammalogique du Congo, par PAUL MATSCHIE, t. I, fasc. 1 : *Le sanglier noir de l'Ituri, « Hylochœrus ituriensis ».* (*Annales du Musée du Congo: Zoologie,* série V.) Bruxelles, Spineux et Cie, 1906; 1 fasc. in-f°.

Memoirs of the geological Survey of India. Paleontologia indica; series 15, t. V, Memoir n° 1 : *Fauna of the Tropites-limestone of Byans,* by CARL DIENER, plates I to XVII. Calcutta, 1906; 1 vol. in-f°.

Die belangrijkste ziekten van kool in Noord-Holland, de draaihartigheid, het vallen en de kanker, door H.-M. QUANJER. Haarlem, 1906; 1 fasc. in-4°.

Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Klasse der königlich-bayerischen Akademie der Wissenschaften; Bd. XXII, 3, und XXIII, 1. Munich, 1906; 2 fasc. in-4°.

Memoirs of the Royal astronomical Society, t. LVI. Londres, 1906; 1 vol. in-4°.

The economic Proceedings of the Royal Dublin Society, t. I, part 8, july 1906 Dublin; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 10 DÉCEMBRE 1906.

Bassin houiller et permien de Blanzy et du Creusot. Fasc. II. *Flore fossile,* par R. ZEILLER, Inspecteur général des Mines, Membre de l'Institut; Texte et Atlas. (*Études des gîtes minéraux de la France,* publiées sous les auspices de M. le Ministre des Travaux publics par le Service des Topographies souterraines.) Paris, Imprimerie nationale, 1906; 2 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Études sur Léonard de Vinci, ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu, par PIERRE DUHEM, Correspondant de l'Institut; première série. Paris, A. Hermann, 1906; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Le Opere di Galileo Galilei; edizione nazionale sotto gli auspicii Sua Maestà il Re d'Italia; t. XVII, XVIII. Florence, 1906; 2 vol. in-4°. (Offert par M. le Ministre de l'Instruction publique d'Italie.)

The fossil fishe of the Upper Lias of Whitby, by ARTHUR-SMITH WOODWARD. (Extr. des *Proceedings of the Yorkshire geological and polytechnic Society,* 1895-1898.) 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

R. Universita Romana. Scuola d'applicazione per gl'Ingeneri. Annuario per l'anno scolastico 1906-1907. Rome, 1906; 1 fasc. in-12.

Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere. Rendiconti; série II, t. XXXVIII, fasc. 17-20; t. XXXIX, fasc. 1-16. Milan, 1905-1906; 16 fasc. in-8°.

Atti della Fondazione scientifica Cagnola; t. XX, 1904-1905. Milan, 1906; 1 fasc. in-8°.

Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Societät in Erlangen; 1905. Bd. XXXVII. Erlangen, 1906; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou; année 1905, nos 1, 2 et 3. Moscou, 1906; 1 fasc. in-8°.

Boletin mensual del Observatorio meteorologico central del Estado de Oaxaca; ano XXIV, 1906-1907, nos 1 y 2. Oaxaca de Juarez, 1906; 1 fasc. in-f°.

ERRATA.

(Séance du 9 juillet 1906.)

Note de MM. *L. Lewin, A. Miethe* et *E. Stenger*, Détermination, en longueurs d'onde, des raies d'absorption photographiées des matières colorantes du sang.

Page 116, lignes 27 et 28, *au lieu de*

Hématopor-phyrine acide.	obtenue de sang sec.	598,0	575,5	553,5	....			404,0
	pure...............		588,0	566,0	547,0	540,0.	500,0	400,8

lisez

Hématopor-phyrine acide.	obtenue de sang sec.	597,0....	554,0..................		404,0
	pure...............		594,0....	551,0................	400,8

Notes de M. *Lœwy*, Méthode nouvelle et rapide pour la détermination des erreurs de division d'un cercle méridien :

(Séance du 15 octobre 1906.)

Page 535, ligne 2, *au lieu de* $\frac{\pm 0'',02}{4} = \pm 0'',005$, *lisez* $\frac{\pm 0'',03}{4} = \pm 0'',075$.

(Séance du 29 octobre 1906.)

Page 622, ligne 10, *au lieu de l, lisez* L.

» ligne 12, *au lieu de* L, *lisez l.*

» 623, ligne 10, *au lieu de* E_x, *lisez* $2E_x$.

» 624, Tableau (*c*), 7e colonne, *au lieu de* 208, *lisez* 28; aux 2 dernières lignes, colonne du milieu, les indices sont 12 *au lieu de* 36.

Page 626. Dans la formule (5) du premier groupe, tous les coefficients 3 doivent être précédés du signe +.

Dans la dernière valeur de E_{76}, *au lieu de* $3\Delta_{71,160}$, *lisez* $3\Delta_{76,160}$.

(Séance du 12 novembre 1906.)

Page 719. Microscopes à la distance 12°. *Au lieu de* $\left(\frac{D_1}{D_2}\right)$, *lisez* $\left(\frac{D_1}{D_2}\right)_{54}^{30}{}_{42}$.

» 722, lignes 2, 3 et 4, *au lieu de* k, k_1, k_2, *lisez* $2k$, $2k_1$, $2k_2$.

» 724, ligne 22, mêmes corrections.

(Séance du 3 décembre 1906.)

Page 860, ligne 11, *au lieu de* E_{33}, *lisez* E_{36}.

» 863. Au système B, *ajoutez* le Tableau suivant :

Poids d'une des quatre grandeurs ci-dessous = 0,951.

$$14E_{36} = -8(d_1d_2) + 2(d_3\ldots d_{10}) - 2,4(d'_1\ldots d'_4) + 1,6(d'_5\ldots d'_{10})$$
$$14E_{72} = +8(d'_9d'_{10}) - 2(d'_1\ldots d'_8) - 2,4(d_1\ldots d_4) + 1,6(d_5\ldots d_{10})$$
$$14E_{108} = -8(d'_1d'_2) + 2(d'_3\ldots d'_{10}) + 2,4(d_7\ldots d_{10}) - 1,6(d_1\ldots d_6)$$
$$14E_{144} = +8(d_9d_{10}) - 2(d_1\ldots d_8) + 2,4(d'_7\ldots d'_{10}) - 1,6(d'_1\ldots d'_6)$$

(Séance du 3 décembre 1906.)

Page 869, lignes 17, 20 et 24, *au lieu de* M. E. Fabry, *lire* M. Louis Fabry.